

МАРОЧНИК СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

МАРОЧНИК СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

СОСТАВИТЕЛИ:

Драгунов Ю.Г.,
Зубченко А.С.,
Каширский Ю.В.,
Дегтярев А.Ф.,
Жаров В.В.,
Колосков М.М.,
Орлов А.С.,
Скоробогатых В.Н.

МОСКВА 2014

МАРОЧНИК СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Под редакцией чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Ю.Г. Драгунова и
заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., проф. А.С. Зубченко

*4-е издание,
переработанное и дополненное*

МОСКВА 2014

УДК [621.002.3-034.14:006](035)
ББК 34.431я2
М28

М28 **Марочник сталей и сплавов.** 4-е изд., переработ. и доп. / Ю.Г. Драгунов, А.С. Зубченко, Ю.В. Каширский и др. Под общей ред. Ю.Г. Драгунова и А.С. Зубченко – М.: 2014. 1216 с.: илл.
ISBN 978-5-94275-582-9

Содержит свыше 700 марок сталей и сплавов чёрных и цветных металлов. Для каждой марки указаны назначение, химический состав, механические свойства в зависимости от состояния поставки, температуры, режимов термообработки, поперечного сечения заготовок, места и направления вырезки образца, описан комплекс технологических свойств. Приведены системы маркировки этих материалов по Евронормам, российским и зарубежным стандартам. В приложениях даны физические свойства; механические свойства в зависимости от температур: отпуска, испытания, ковочных; жаропрочные свойства; марки, характеристики и области применения электротехнических, строительных и транспортных сталей; зарубежные материалы, близкие по химическому составу к отечественным; перевод твёрдости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу и Шору; соответствие различных шкал температур. В четвертом издании существенно увеличено количество марок сталей и сплавов, дополнены их характеристики.

Для конструкторов, технологов, металлургов, исследователей и других специалистов всех отраслей машиностроения, может быть полезен аспирантам и студентам технических вузов.

УДК [621.002.3-034.14:006](035)
ББК 34.431я2

СОДЕРЖАНИЕ

| | | | |
|---|----|--------------------------|-----|
| Предисловие к четвертому изданию | 12 | 25 | 98 |
| Введение | 13 | 30 | 102 |
| Условные обозначения | 15 | 35 | 106 |
| Перечень сокращений | 17 | 40 | 111 |
| Технологические свойства | 19 | 45 | 117 |
| Системы маркировки сталей и сплавов в различных странах | 25 | 50 | 122 |
| Маркировка сталей в России и странах СНГ | 25 | 55 | 125 |
| Системы маркировки сталей за рубежом | 27 | 60 | 127 |
| Маркировка цветных сплавов в России и странах СНГ | 42 | 75 | 129 |
| Системы маркировки цветных сплавов за рубежом | 44 | 85 | 130 |
| Стали и сплавы | 48 | 15К | 131 |
| Раздел 1. Стали конструкционные | 49 | 16К | 133 |
| Стали углеродистые обыкновенного качества | 49 | 18К | 134 |
| Ст0 | 49 | 20К | 135 |
| Ст2кп | 50 | 22К, 22К-ВД, 22К-Ш, 22КУ | 137 |
| Ст2пс | 51 | А12 | 143 |
| Ст2сп | 52 | А20 | 144 |
| Ст3кп | 53 | А30 | 144 |
| Ст3пс | 54 | А35 | 145 |
| Ст3сп | 56 | А40Г | 145 |
| Ст3Гпс | 61 | ОС | 146 |
| Ст3Гсп | 63 | Стали низколегированные | 147 |
| Ст4кп | 64 | 20ЮЧ, 20ЮЧ-ПВ | 147 |
| Ст4пс | 65 | 15Г | 149 |
| Ст4сп | 67 | 20Г | 150 |
| Ст5пс | 69 | 30Г | 151 |
| Ст5сп | 70 | 40Г | 152 |
| Ст6пс | 72 | 45Г | 153 |
| Ст6сп | 73 | 50Г | 154 |
| Стали углеродистые качественные | 74 | 15ГС | 155 |
| 08 | 74 | 16ГС | 157 |
| 08кп | 77 | 17ГС | 162 |
| 10 | 78 | 17Г1С | 164 |
| 10кп | 82 | 17Г1СУ | 167 |
| 15 | 84 | 20ГС | 168 |
| 15кп | 87 | 25ГС | 169 |
| 20 | 88 | 06ГФБА-А | 170 |
| 20-ПВ | 96 | 18ГФпс | 171 |
| 20-Ш | 96 | 09Г2 | 172 |
| 20кп | 97 | 10Г2 | 173 |
| | | 14Г2 | 175 |
| | | 35Г2 | 176 |
| | | 40Г2 | 177 |
| | | 45Г2 | 178 |
| | | 50Г2 | 179 |
| | | 09Г2С | 180 |
| | | 10Г2С1 | 184 |

| | | | |
|------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| 18Г2С | 188 | 15Х1М1Ф | 280 |
| 25Г2С | 189 | 25Х1МФ (ЭИ 10) | 284 |
| 26Г2С | 190 | 25Х1М1Ф (Р2, Р2МА) | 289 |
| 15Г2БМ | 191 | 20Х1М1Ф1ТР (ЭП 182) | 293 |
| 18Г2АФпс | 192 | 20Х1М1Ф1БР (ЭП 44) | 297 |
| 23Г2А | 193 | 10ХСНД | 302 |
| 15Х | 194 | 15ХСНД | 306 |
| 20Х | 195 | 20ХН | 308 |
| 30Х | 198 | 36НХ | 309 |
| 35Х | 202 | 40ХН | 310 |
| 38ХА | 205 | 45ХН | 312 |
| 40Х | 207 | 20ХНР | 313 |
| 45Х | 212 | 20ХГНР | 314 |
| 50Х | 214 | 38ХГН | 315 |
| Стали легированные | 215 | 10ХН1М, 10ХН1М-Ш | 316 |
| 05Г4ДМФ | 215 | 34ХН1М, 34ХН1МА | 318 |
| 08ГДНФ | 216 | 35ХН1М2ФА | 322 |
| 16ГНМА | 217 | 12ХН2 | 323 |
| 05Г4МНФ | 222 | 20ХН2М (20ХНМ) | 324 |
| 09Н2МФБА-А | 224 | 30ХН2МА | 325 |
| 10ГН2МФА, 10ГН2МФА-ВД, | | 40ХН2МА (40ХНМА) | 326 |
| 10ГН2МФА-Ш | 226 | 30ХН2МФА (30ХН2ВФА) | 327 |
| 20Н3ДМА | 229 | 30ХГСН2А (30ХГСНА) | 328 |
| 13Н5А | 230 | 12ХН3А | 329 |
| 12МХ | 231 | 20ХН3А | 330 |
| 12ХМ | 234 | 30ХН3А | 332 |
| 15ХМ | 237 | 34ХН3М, 34ХН3МА | 333 |
| 20ХМ | 240 | 38ХН3МА | 336 |
| 30ХМ, 30ХМА | 242 | 25ХН3МФА | 338 |
| 32ХМ1А | 248 | 35ХН3МФА | 339 |
| 34ХМА | 249 | 38ХН3МФА | 341 |
| 35ХМ | 250 | 26ХН3М2ФА | 345 |
| 33ХС | 255 | 30ХН3М2ФА | 346 |
| 38ХС | 256 | 20ХН4ФА | 347 |
| 40ХС | 257 | 10Х2М (48ТН-1), 10Х2М-ВД | 348 |
| 15ХФ | 258 | 12Х2МФА (48ТС-2), | |
| 14ХГС | 259 | 12Х2МФА-А | 351 |
| 20ХГСА | 260 | 15Х2МФА (ТС-3-40), | |
| 25ХГСА | 261 | 15Х2МФА-А | 353 |
| 30ХГС, 30ХГСА | 263 | 18Х2МФА (48ТС-3), | |
| 35ХГСА | 265 | 18Х2МФА-А | 356 |
| 25ХГМ | 266 | 20Х2М | 358 |
| 40ХГМА | 267 | 25Х2М1Ф (ЭИ 723) | 359 |
| 18ХГТ | 268 | 10Х2МФБ (ЭИ 531), | |
| 25ХГТ | 269 | 12Х2МФБ (ЭИ 531) | 364 |
| 30ХГТ | 270 | 12Х2МФСР | 366 |
| 20ХГР | 271 | 10Х2М1ФБ (48ТН-2), | |
| 27ХГР | 272 | 10Х2М1ФБ-ВД | 368 |
| 12Х1МФ (ЭИ 575), 12Х1МФ-ПВ | 273 | 38Х2МЮА (38ХМЮА) | 370 |
| 13Х1МФ (14Х1ГМФ, ЦТ 1) | 279 | 30Х2ГМТ | 373 |

| | | | |
|--|-----|---|-----|
| 14X2ГМР, 14ХМНДФР | 374 | 15X11МФ (1X11МФ) | 431 |
| 12X2НВФА | 375 | 15X11МФБ (1X11МФБ) | 435 |
| 15X2НМФА, 15X2НМФА-А, 15X2НМФА класс 1 | 376 | 12X11В2МФ (ЭИ 756) | 436 |
| 25X2НМФА | 378 | 18X11МНФБ (2X11МФБН, ЭП 291) | 438 |
| 36X2Н2МФА (36ХН1МФА) | 379 | 13X11Н2В2МФ (ЭИ 961), 13X11Н2В2МФ-Ш (ЭИ 961-Ш) ... | 441 |
| 38X2Н2МА (38ХНМА) | 380 | 03X11Н10М2Г | 443 |
| 40X2Н2МА (40X1НВА) | 381 | 10X11Н20Т3Р (ЭИ 696) | 445 |
| 14X2Н3МА | 382 | 10X11Н23Т3МР (10X12Н22Т3МР, ЭП 33, ЭИ 696М) | 450 |
| 38X2Н3М | 383 | 12X12М2БФР (ЭП 450), 12X12М2БФР-Ш (ЭП 450-Ш) | 456 |
| 12X2Н4А | 384 | 16X12МВСФБР-Ш (ЭИ 823-Ш) ... | 458 |
| 20X2Н4А | 385 | 18X12ВМБФР (ЭИ 993), 18X12ВМБФР-Ш (ЭИ 993-Ш) | 460 |
| 18X2Н4МА (18X2Н4ВА) | 386 | 10X12НД | 463 |
| 25X2Н4МА (25X2Н4ВА) | 387 | 15X12ВНМФ (ЭИ 802, ЭИ 952) ... | 464 |
| 25X2Н4МФА | 388 | 20X12ВНМФ (ЭП 428) | 467 |
| 22X3М | 390 | 05X12Н2М, 05X12Н2М-ВИ, 05X12Н2М-ВД | 471 |
| 18X3МВ (ЭИ 578) | 391 | 06X12Н3Д | 472 |
| 20X3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579), 20X3МВФА | 393 | 10X12Н3М2ФА (Ш), 10X12Н3М2ФА-А (Ш) | 473 |
| 25X3МФА (48ТС-4), 25X3МФА-А | 399 | 37X12Н8Г8МФБ (ЭИ 481) | 474 |
| 30X3МФ | 401 | 08X13 (0X13, ЭИ 496) | 477 |
| 15X5М (12X5МА, X5М) | 402 | 12X13 (1X13) | 480 |
| 15X5ВФ (X5ВФ) | 404 | 20X13 (2X13) | 485 |
| 15X6СЮ | 405 | 30X13 (3X13) | 491 |
| Стали целевого назначения | 406 | 40X13 (4X13) | 495 |
| 65Г | 406 | 13X13С2М2 (ЭИ 852) | 496 |
| 40ХФА | 407 | 12X13Г12АС2Н2 (ДИ 50) | 497 |
| 50ХФА | 409 | 10X13Г12С2Н2Д2Б (ДИ 59) | 498 |
| 51ХФА | 411 | 25X13Н2 (2X14Н2, ЭИ 474) | 499 |
| 55С2 | 412 | 09X13Н3Г4 | 500 |
| 60С2, 60С2А | 413 | 20X13Н3Г4 | 501 |
| 60С2Г | 414 | 06X13Н7Д2 | 502 |
| 65С2ВА | 415 | 03X13Н8Д2ТМ (ЭП 699) | 503 |
| 60С2ХА | 416 | 08X14МФ | 505 |
| 70С2ХА | 418 | 04X14Т3Р1Ф (ЧС 82), 04X14Т3Р1Ф-ВИ (ЧС 82-ВИ), 04X14Т3Р1Ф-ПТ (ЧС 82-ПТ), 04X14Т3Р1Ф-ПШ (ЧС 82-ПШ) ... | 506 |
| ШХ15 | 419 | 10X14АГ15 (X14АГ15, ДИ 13) ... | 508 |
| ШХ15СГ | 420 | 03X14ГНФ-ВИ | 509 |
| 95X18 (9X18, ЭИ 229) | 421 | 10X14Г14Н4Т (X14Г14Н3Т, ЭИ 711) | 510 |
| Стали высоколегированные, коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные | 422 | 04X14Н5МГТЮ | 513 |
| 03X8СЮЦ (ЭП 889) | 422 | 05X14Н5ДМ | 514 |
| 12X8ВФ (1X8ВФ) | 423 | | |
| 10X9МФБ (ДИ-82) | 424 | | |
| 10X9В2МФБР-Ш | 425 | | |
| 10X9К3В2МФБР-Ш | 426 | | |
| 40X9С2 (4X9С2, ЭСХ 8) | 427 | | |
| 40X10С2М (4X10С2М, ЭИ 107) ... | 429 | | |
| 30X10Г10 | 430 | | |

| | | | |
|--------------------------------|-----|---|-----|
| 1X14H14B2M (ЭИ 257) | 516 | 03X18H10T, 06X18H10T, | |
| 45X14H14B2M (ЭИ 69) | 517 | 09X18H10T | 591 |
| 09X14H16Б (ЭИ 694) | 519 | 08X18H10T (0X18H10T, ЭИ 914), | |
| 09X14H19B2БР (ЭИ 695Р) | 521 | 08X18H10T-ВД | 593 |
| 09X14H19B2БР1 (ЭИ 726) | 523 | 12X18H10T | 600 |
| 06X15H6МБФ | 524 | 08X18H12Б (ЭИ 402) | 607 |
| 10X15H9C3Б1-Ш (ЭП 302-Ш) | 525 | 08X18H12T | 609 |
| 08X15H24B4ТР (ЭП 164) | 526 | 12X18H12T (X18H12T) | 612 |
| 07X16H4Б, 07X16H4Б-Ш | 528 | 10X18H18Ю4Д (ЭП 841) | 617 |
| 09X16H4Б, 09X16H4Б-Ш | 529 | X18H22B2T2 (48АН-1) | 618 |
| 07X16H6 (X16H6, ЭП 288) | 531 | 36X18H25C2 (4X18H25C2, | |
| 03X16H9M2 | 533 | ЭЯ 3С) | 619 |
| 08X16H9M2 (X16H9M2) | 535 | 31X19H9МВБТ (ЭИ 572) | 620 |
| 08X16H11M3 | 536 | 12X20H14C2 | 624 |
| 08X16H13M2Б (ЭИ 405, ЭИ 680) | 539 | 20X20H14C2 (X20H14C2, | |
| 10X16H14B2БР (1X16H14B2БР, | | ЭИ 211) | 625 |
| ЭП 17) | 542 | 08X21H6M2T (0X21H6M2T, | |
| 015X16H15M3 (ЭИ 844), | | ЭП 54) | 626 |
| 026X16H15M3Б (ЭИ 844Б), | | 02X22H5AM3 | 628 |
| 026X16H15M3БУ (ЭИ 844БУ), | | 08X22H6T (0X22H5T, ЭП 53) | 629 |
| 06X16H15M3БР (ЭП 172) | 543 | X23Ю5T | 631 |
| 08X16H15M3Б (X16H15M3Б, | | 20X23H13 (X23H13, ЭИ 319) | 632 |
| ЭИ 847), 09X16H15M3Б | | 10X23H18 | 633 |
| (X16H15M3Б, ЭИ 847), | | 20X23H18 (X23H18, ЭИ 417) | 634 |
| 06X16H15M3Б-ИД (ЭИ 847-ИД) | 545 | 03X23H26Ю5 | 637 |
| X16H16MB2БР (ЭП 184) | 547 | 03X23H28Ю4T (ЭЖ 86) | 638 |
| 3X16H22B6Б (ЦЖ 13) | 548 | 03X24H6AM3 (ЗИ 130), | |
| 08X17T (0X17T, ЭИ 645) | 549 | 03X24H6AM3-ВИ (ЗИ 130-ВИ) ... | 639 |
| 12X17 (X17, ЭЖ 17) | 550 | 15X25T (X25T, ЭИ 439) | 641 |
| 09X17H, 09X17H-ВД, 09X17H-Ш | 551 | 12X25H16Г7АР (ЭИ 835) | 643 |
| 14X17H2 (1X17H2, ЭИ 268) | 552 | 20X25H20C2 (X25H20C2, | |
| 02X17H11M2 | 555 | ЭИ 283) | 646 |
| 08X17H13M2T (0X17H13M2T) ... | 556 | X27Ю5T | 647 |
| 10X17H13M2T (X17H13M2T, | | 03H18K9M5T | 648 |
| ЭИ 448) | 557 | Раздел 2. Стали инструментальные | 649 |
| 10X17H13M3T (X17H13M3T, | | Стали углеродистые и | |
| ЭИ 432) | 561 | легированные | 649 |
| 03X17H14M3 (000X17H13M2) | 563 | У7, У7А | 649 |
| 08X17H15M3T (ЭИ 580) | 565 | У8, У8А | 651 |
| 01X18M2T-ВИ | 566 | У9, У9А | 653 |
| 015X18M2Б-ВИ (ЭП 882-ВИ) | 567 | У10, У10А | 655 |
| 03X18Ю3БТ, 03X18Ю3БТ-ВИ | 568 | У12, У12А | 656 |
| 09X18H9 | 569 | 9ХС | 657 |
| 10X18H9, 10X18H9-ВД, | | ХВГ | 658 |
| 10X18H9-Ш | 571 | Стали штамповые | 660 |
| 12X18H9 (X18H9) | 573 | 4ХМФС (40ХСМФ) | 660 |
| 12X18H9Т (X18H9Т) | 579 | 5ХГМ | 661 |
| 17X18H9 (2X18H9) | 584 | 7ХГ2ВМФ | 662 |
| 08X18H10 (0X18H10) | 586 | 5ХНМ | 663 |

| | | | |
|---------------------------------------|-----|---------------------------------------|-----|
| 5ХНМ2 | 664 | P12 | 714 |
| 3Х2В8Ф | 665 | P12МФ5-МП (ДИ 70-МП) | 715 |
| 3Х2МНФ | 667 | P12МЗК5Ф2-МП (ДИ 103-МП) ... | 716 |
| 5Х2МНФ (ДИ 32) | 668 | P18 | 717 |
| 27Х2Н2М1Ф | 669 | P18К5Ф2 | 718 |
| 27Х2Н2МВФ | 670 | Раздел 3. Литейные стали | 719 |
| 3Х2Н2МВФ | 671 | 15Л | 719 |
| 3Х3М3Ф | 672 | 20Л | 720 |
| 4Х3ВМФ (ЗИ 2) | 673 | 25Л | 723 |
| 5Х3В3МФС (ДИ 23) | 674 | 30Л | 726 |
| 7Х3 | 676 | 35Л | 728 |
| 4Х4ВМФС (ДИ 22) | 677 | 40Л | 730 |
| 8Х4В2МФС2 (ЭП 761) | 679 | 45Л | 731 |
| 11Х4В2МФС2 (ДИ 37) | 680 | 50Л | 732 |
| 4Х5МФС | 681 | 70Л | 733 |
| 4Х5МФ1С (ЭП 572) | 682 | 20ФЛ | 734 |
| 4Х5В2ФС (ЭИ 958) | 683 | 45ФЛ | 735 |
| Х6ВФ | 684 | 20ГЛ | 736 |
| 6Х6В3МФС (55Х6В3СМФ, ЭП 569) | 685 | 35ГЛ | 737 |
| Х12 | 686 | 45ГЛ | 738 |
| Х12Ф1 | 687 | 20ГСЛ | 739 |
| Х12МФ | 688 | 25ГСЛ | 742 |
| Х12ВМФ | 689 | 30ГСЛ | 743 |
| Стали валковые | 690 | 80ГСЛ | 744 |
| 55Х | 690 | 20ГСФЛ | 745 |
| 60ХГ | 691 | 20ГМЛ | 746 |
| 75ХМ | 692 | 05Г4ДМФЛ | 747 |
| 75ХМФ | 693 | 110Г13Л | 748 |
| 9ХФ, 9Х1Ф | 694 | 08ГДНФЛ | 749 |
| 9ХСВФ | 695 | 15ГНЛ | 752 |
| 90ХМФ | 696 | 08Г2ДНФЛ | 753 |
| 9Х1 (9Х) | 697 | 05Г4МНФЛ | 754 |
| 45ХНМ | 698 | 05Г4ДНФЛ | 755 |
| 50ХН | 699 | 10ГН2МФАЛ | 756 |
| 60ХН | 700 | 20Н3ДМЛ | 759 |
| 7Х2СМФ | 701 | 32Х06Л | 760 |
| 9Х2 | 702 | 40ХЛ | 761 |
| 9Х2В | 703 | 70ХЛ | 762 |
| 9Х2СВФ | 704 | 12МХЛ | 763 |
| 9Х2МФ | 705 | 14ХМГЛ | 764 |
| Стали быстрорежущие | 706 | 20ХМЛ | 765 |
| 11РЗАМЗФ2 | 706 | 20ХМФЛ | 768 |
| Р6М3 | 707 | 35ХМЛ | 772 |
| Р6М5 | 708 | 35ХМФЛ | 773 |
| Р6М5К5 | 709 | 15Х1М1ФЛ | 774 |
| Р6М5К5-МП (ДИ 101-МП) | 710 | 30ХГФРЛ | 777 |
| Р6М5Ф3-МП (ДИ 99-МП) | 711 | 30ХГСФЛ | 778 |
| Р9 | 712 | 35ХГСЛ | 779 |
| Р9М4К8 | 713 | 15Г2ХФЛ | 780 |
| | | 110Г13ХМЛ | 781 |

| | | | |
|-------------------------------|-----|----------------------------------|-----|
| 130Г14ХМФАЛ | 782 | Х16Н36МБТЮР (ЭП 150) | 831 |
| 35ХНЛ | 783 | 03Х21Н32М3Б (ЧС-33), | |
| 40ХНЛ | 784 | 03Х21Н32М3Б-ВИ (ЧС-33-ВИ), | |
| 30ХНМЛ | 785 | 03Х21Н32М3Бу-ВИ (ЧС-33у-ВИ) | 832 |
| 150ХНМЛ | 786 | 06ХН28МДТ (0Х23Н28М3Д3Т, | |
| 27ХН2МФЛ | 787 | ЭИ 943) | 835 |
| 35ХН2МЛ | 788 | ХН32Т (ЭП 670) | 837 |
| 15Х2М2ФБСЛ (П 3Л) | 789 | ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД | 839 |
| 14Х2ГМРЛ | 790 | ХН35ВТК (ЭИ 612К) | 845 |
| 110Г13Х2БРЛ | 791 | ХН35ВТЮ (ЭИ 787) | 846 |
| 25Х2НМЛ | 792 | ХН35ВТР (ЭИ 725) | 848 |
| 20Х5МЛ | 793 | 36НХТЮ8М | 849 |
| 15Х6СМТЛ (Х6СМТЛ) | 794 | ХН40Б (ЭП 337) | 850 |
| 40Х9С2Л | 795 | ХН45Ю (ЭП 747) | 851 |
| 15Х11МФБЛ (1Х11МФБЛ, | | 06ХН46Б (Х20Н46Б, ЭП 350) | 853 |
| Х11ЛА) | 796 | 05ХН46МВБЧ (ДИ 65) | 855 |
| 10Х12НДЛ | 797 | Сплавы на никелевой основе | 856 |
| 20Х12ВНМФЛ (15Х12ВНМФЛ, | | ХН55ВМТКЮ (ЭИ 929), | |
| Х11ЛБ, ЭИ 802Л) | 798 | ХН55ВМТКЮ-ВД (ЭИ 929-ВД) | 856 |
| 06Х12Н3ДЛ | 799 | ХН59ВГ-ИД (ЭК 82-ИД) | 858 |
| 15Х13Л | 801 | ХН60Ю (ЭИ 559А) | 859 |
| 20Х13Л | 802 | ХН60ВТ (ЭИ 868) | 860 |
| 10Х13Н3М1Л | 804 | ХН60КВЮМБ-ВД (ЭП 957-ВД) | 861 |
| 08Х14НДЛ | 805 | ХН62МБВЮ (ЭП 709) | 862 |
| 15Х14НЛ | 806 | ХН62МВКЮ (ЭИ 867), | |
| 06Х14Н5ДМФЛ | 807 | ХН62МВКЮ-ВД (ЭИ 867-ВД) | 864 |
| 08Х15Н4ДМЛ | 808 | ХН65ВМТЮ (ЭИ 893) | 868 |
| 30Х16Н22В6БЛ (ЦЖ 13Л) | 809 | ХН65КВЮТБ (ЦЖ 24) | 870 |
| 10Х18Н3Г3Д2Л | 810 | ХН65КМВЮБ-ВД (ЭП 800-ВД) | 871 |
| 08Х18Н4М2БЛ | 811 | ХН65КВМЮТБ-ВД (ЭК 78-ВД) | 872 |
| 08Х18Н6М2Д4АФБЛ | 812 | ХН65МВУ (ЭП 760) | 873 |
| 10Х18Н9Л | 813 | ХН67МВТЮ (ЭП 202, ЭИ 445Р) | 875 |
| 10Х18Н9ТЛ | 814 | ХН70Ю (ЭИ 652) | 876 |
| 12Х18Н9ТЛ | 816 | ХН70БДТ (ЭК 59) | 877 |
| 12Х18Н12М3ТЛ | 818 | ХН70ВМЮТ (ЭИ 765) | 878 |
| 31Х19Н9МВБТЛ (ЭИ 572Л) | 819 | ХН70ВМТЮ (ЭИ 617) | 881 |
| 05Х20АГ15Н9М1БФЛ | | ХН70ВМТЮФ (ЭИ 826), | |
| (05Х20АГ15Н9М1ФЛ) | 820 | ХН70ВМТЮФ-ВД (ЭИ 826-ВД) | 882 |
| 20Х20Н14С2Л (Х20Н14С2Л) | 822 | ХН73МБТЮ (ЭИ 698) | 884 |
| 10Х21Н5ТЛ (Х21Н5ТЛ) | 823 | ХН75ВМЮ (ЭИ 827) | 886 |
| 35Х23Н7СЛ | 824 | ХН77ТЮР (ЭИ 437Б), | |
| 40Х24Н12СЛ (ЭИ 316Л) | 825 | ХН77ТЮР-ВД (ЭИ 437Б-ВД), | |
| 15Х25ТЛ | 826 | ХН77ТЮРУ (ЭИ 437БУ), | |
| 250Х25В3ТЛ | 827 | ХН77ТЮРУ-ВД (ЭИ 437БУ-ВД) | 888 |
| 20Х25Н13АТЛ | 828 | ХН78Т (ЭИ 435) | 894 |
| 20Х25Н19С2Л | 829 | ХН80ТБЮ (ЭИ 607), | |
| 05Х26Н6М2Д2АБФЛ | 830 | ХН80ТБЮА (ЭИ 607А) | 897 |
| Раздел 4. Сплавы | 831 | Х15Н60-Н | 899 |
| Сплавы на железоникелевой | | Х20Н80-Н | 900 |
| основе | 831 | Н70МФВ-ВИ (ЭП 814А-ВИ) | 901 |

| | | | |
|------------------------------------|-----|---|------|
| НП2 | 903 | АТ-2 | 986 |
| Литейные сплавы | 904 | ПТ-1М | 987 |
| 03Х25Н25Ю5ТЛ | 904 | ПТ-3В | 988 |
| ХН58ВКМТЮБЛ (ЦНК 8МП) | 905 | ПТ-7М | 990 |
| ХН60КВМЮТЛ (ЦНК 7П) | 907 | Н-1 (Zr+1%Nb, Э 110, Э 110 о.ч.) | 992 |
| ХН60КВМЮТБЛ (ЦНК 21П) | 909 | Н-2,5 (Zr+2,5%Nb, Э 125) | 994 |
| ХН64ВМКЮТЛ (ЗМИ 3) | 911 | Э 635 | 996 |
| ХН65ВМТЮЛ (ЭИ 893Л) | 913 | Приложения | 998 |
| ХН65КМВЮТЛ (ЖС 6К) | 915 | 1. Физические свойства материалов | 998 |
| ХН65ВКМБЮТЛ (ЭИ 539ЛМУ) | 917 | 2. Полосы прокаливаемости | 1035 |
| ХН70КВМЮТЛ (ЦНК 17П) | 919 | 3. Механические свойства | |
| Раздел 5. Цветные металлы и | | в зависимости от температуры | |
| сплавы | 920 | отпуска | 1054 |
| АД, АД00, АД0, АД1 | 920 | 4. Механические свойства | |
| АМц | 923 | в зависимости от температуры | |
| АМг2 | 926 | испытания | 1066 |
| АМг3 | 929 | 5. Механические свойства | |
| АМг5 | 932 | в зависимости от | |
| АМг6 | 934 | ковочных температур | 1101 |
| АВ | 937 | 6. Жаропрочные свойства | |
| М1, М2, М3 | 941 | материалов | 1111 |
| ЛО62-1, ЛО70-1 | 944 | 7. Электротехнические стали. | |
| ЛОМш70-1-0,05 | 946 | Марки, свойства и области | |
| Л63, Л68 | 947 | применения | 1119 |
| ЛС59-1 | 949 | 8. Строительные стали. | |
| ЛЖМц59-1-1 | 950 | Марки и свойства | 1124 |
| ЛАМш77-2-0,05 | 951 | 9. Транспортные стали. | |
| ЛЦ23А6Ж3Мц2 | | Марки и свойства | 1129 |
| (ЛАЖМц 66-6-3-2) | 952 | 10. Зарубежные материалы, | |
| МНЖ5-1 (CuNi5Fe1Mn) | 953 | близкие по химическому | |
| МНЖМц30-1-1 | 954 | составу к отечественным | 1133 |
| НМЖМц28-2,5-1,5 | 955 | 11. Таблица одготипных | |
| БрА10Ж3Мц2 | | стандартов различных стран | 1168 |
| (БрАЖМц 10-3-1,5) | 956 | 12. Перевод твердости по | |
| БрБ2 | 957 | Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу | |
| БрО5Ц5С5 (БрОЦС5-5-5) | 958 | и Шору | 1170 |
| БрО10Ф1 (БрОФ10-1) | 959 | 13. Перевод температур для шкал | |
| Б83, Б88 | 960 | Цельсия, Кельвина и | |
| ВТ1-0 | 961 | Фаренгейта | 1181 |
| ВТ1-00 | 964 | 14. Перечень государственных | |
| ВТ1-1 | 966 | стандартов на сортамент | |
| ВТ5-1 | 967 | материалов, представленных | |
| ВТ9 | 970 | в Марочнике | 1182 |
| ОТ4 | 978 | 15. Перечень использованных | |
| ОТ4-0 | 981 | стандартов | 1186 |
| ОТ4-1 | 983 | Список литературы | 1201 |

ПРЕДИСЛОВИЕ К ЧЕТВЕРТОМУ ИЗДАНИЮ

По сравнению с предыдущими изданиями книга существенно переработана и дополнена. Ее объем увеличился более чем в 1,5 раза.

Включен новый раздел, посвященный цветным сталям и сплавам, существенно добавлены марки в разделы, описывающие легированные, высоколегированные, штамповые и литейные стали. Таких марок более 120.

Также у свыше 200 материалов дополнены и обновлены сведения об их свойствах и характеристиках.

Обновлены и использованные стандарты и ТУ, добавлены новые литературные источники.

Для облегчения пользования марочником и чтобы упростить нахождение нужной марки материалы с наиболее сложным химическим составом приведены в порядке возрастания содержания хрома, а затем последовательно никеля, марганца и углерода.

Учтены пожелания и предложения специалистов, исправлены неточности и опечатки.

Составители будут благодарны за критические замечания и дополнения к марочнику.

Ю.Г. Драгунов, А.С. Зубченко

В В Е Д Е Н И Е

Марочник отечественных сталей и сплавов, разработанный на основе материалов, созданных и накопленных в ЦНИИТМАШ, учитывает многолетний опыт работы крупнейших предприятий тяжелого, энергетического, транспортного и других отраслей машиностроения.

Марочник построен по принципу применения и содержит сведения о химическом составе, механических свойствах и твердости в зависимости от размера поковки (отливки или детали) и режимов термической обработки; параметры ковочных, литейных свойств и обрабатываемости резанием; характеристики свариваемости, флокеночувствительности, склонности к отпускной хрупкости, а также некоторые справочные данные по механическим свойствам в зависимости от температур отпуска, испытания иковки, по пределу выносливости при отрицательных температурах, релаксационной стойкости, длительной прочности, ползучести, жаростойкости, коррозионной стойкости; даются сведения о зарубежных материалах, близких по химическому составу к отечественным.

Кроме того в приложениях к Марочнику приведены характеристики физических свойств, диаграммы прокаливаемости конструкционных марок сталей и таблица перевода твердостей.

В Марочнике учтены, как обязательные, требования стандартов, на которые имеются ссылки в тексте. Требования, согласованные между поставщиком и заказчиком и включенные в соответствующие Технические условия, могут быть дополнены путем соответственно оформленного согласования.

В Марочник внесены некоторые новые марки сталей и сплавов, исследования и разработка которых закончена, но они еще не имеют оформленных технических условий.

По вопросам номенклатуры марок сталей и сплавов, их химического состава, гарантированного уровня механических свойств, а также режимов технологических процессов (ковки, термической обработки и др.) Марочник является рекомендуемым материалом при проектировании машин и изготовлении поковок, отливок, деталей машин и сварных конструкций и может быть полезен как справочный материал для инженеров – конструкторов, технологов и металлургов.

Сведения по каждой марке стали и сплава занимают от одной до восьми страниц книги. На них представлены следующие данные: обозначение марки стали или сплава; вид поставки, т.е. стандарт или технические условия; химический состав; температура критических точек; механические свойства при 20°C в зависимости от поперечного сечения обрабатываемой поковки (отливки) и режима термической обработки; основное назначение марки стали или сплава; предел выносливости при изгибе и кручении.

Кроме того для многих марок приведены также релаксационная стойкость; свойства при длительных сроках службы; чувствительность к охрупчиванию при старении; коэффициент чувствительности к надрезу; термическая усталость; жаростойкость; коррозионные свойства и т.д.

Механические свойства материалов при комнатной температуре сопровождаются ссылками на соответствующие ГОСТы, ОСТы или ТУ. В случае, если ТУ отсутствуют, устарели или неизвестны, либо сведения взяты из отчетов или технической литературы, в графе НД пишется “Данные ЦНИИТМАШ”.

Все стандарты на сортамент вынесены в отдельное приложение, это позволило избежать повторений их на каждой странице справочника.

В связи с тем, что в основных зарубежных стандартах и большинстве отечественных и зарубежных справочников принят порядок, при котором в перечне химического состава материала сера и фосфор идут непосредственно после раскислителей (кремний, марганец), в Марочнике использован аналогичный порядок элементов.

Химический состав стали или сплава собственного производства определяется по плавочной (ковшевой) пробе, отбираемой при разливке стали в соответствии с ГОСТ 7565-81, а химический состав и марка стали проката – по сертификату металлургического завода.

Химический анализ производится в соответствии с ГОСТ 12344 – ГОСТ 12365 (см. стр. 1194).

Значения механических свойств проката, поковок и отливок, приведенные в Марочнике, являются минимальными и должны гарантироваться при выполнении установленной технологии.

Значения механических свойств поковок, приведенные в Марочнике, при отсутствии соответствующих указаний, получены при испытании продольных образцов.

При испытании тангенциальных, поперечных или радиальных образцов допускается снижение норм механических свойств в соответствии с ГОСТ 8479-70.

Приведенные для некоторых марок сталей или сплавов значения механических свойств, полученные при испытании тангенциальных, поперечных или радиальных образцов, относятся преимущественно к поковкам типа дисков, роторов, крупных колец и т.д. и характеризуют свойства тех частей поковки, из которых вырезаны пробы для испытания.

Вырезка образцов из сплошных поволоков цилиндрической и призматической формы производится на расстоянии $1/3$ радиуса или $1/6$ диагонали от наружной поверхности, а из пустотелых или рассверленных поволоков с толщиной стенки до 100 мм – на расстоянии $1/2$ толщины стенки поковки, при толщине стенки свыше 100 мм – на расстоянии $1/3$ толщины стенки поковки от поверхности.

Значения механических свойств поволоков из конструкционных марок сталей (приложение 1 ГОСТ 8479-70) приведены в соответствии с требованиями табл. 2 этого стандарта для соответствующей категории прочности.

Механические свойства поволоков из марок сталей, не вошедших в приложение 1 ГОСТ 8479-70, даны на основании обобщения опыта передовых заводов отрасли.

Объем, нормы и порядок контроля механических свойств и приемки поволоков устанавливаются в соответствии с ГОСТ 8479-70.

Значения механических свойств отливок, изготовленных из углеродистых, легированных и высоколегированных марок сталей и сплавов, относятся к образцам, вырезанным из отдельно отливаемых пробных брусков или их приливных проб после их соответствующей термической обработки, и характеризуют свойства термически обработанных по тому же режиму отливок с толщиной стенки до 100 мм.

Нормы механических свойств отливок с толщиной стенки более 100 мм в необходимых случаях должны устанавливаться техническими условиями.

Приведенные в Марочнике режимы термической обработки,ковки и других технологических процессов являются рекомендуемыми и могут корректироваться заводскими технологами в зависимости от химического состава плавки, требований, предъявляемых к обрабатываемым поковкам или отливкам, оборудования производственных цехов и др.

Объем, нормы и порядок контроля и приемки отливок устанавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ 977-88.

Испытания образцов проведены в соответствии с ГОСТами: на растяжение – по ГОСТ 1497-84 на цилиндрических образцах пятикратной длины с диаметром расчетной части 10 мм. Допускается применение образцов пятикратной длины с диаметром расчетной части 6 или 5 мм (это специально оговаривается);

на ударную вязкость – по ГОСТ 9454-78 на образцах типа 1 и 11;

на определение предела выносливости (усталости) – по ГОСТ 25.502-79;

на холодный изгиб при отсутствии специальных указаний в чертеже или технических условий (производятся на образцах размерами $10 \times 20 \times 160$ мм) – по ГОСТ 14019-80;

на ползучесть – по ГОСТ 3248-81;

на длительную прочность – по ГОСТ 10145-81;

гидравлические испытания труб – по ГОСТ 3845-75;

труб на сплющивание – по ГОСТ 8695-75;

труб на раздачу – по ГОСТ 8694-75;

труб на бортование – по ГОСТ 8693-80;

труб на загиб – по ГОСТ 3728-78.

Определение твердости, как правило, производится на приборе Бринелля по ГОСТ 9012-59, на приборе Роквелла – по ГОСТ 9013-59 и 8.064-94, на приборе Виккерса – по ГОСТ 2999-75.

Для определения твердости крупных деталей допускается применение приборов ударного действия.

Твердость валков холодной прокатки и других деталей с высокой твердостью определяется прибором Шора по ГОСТ 23273-78.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

| | | | |
|------------------|---|-------------------------|--|
| σ_B | – временное сопротивление (предел прочности при разрыве); | d_{10} | – диаметр отпечатка по Бринеллю при диаметре шарика 10 мм и испытательной нагрузке 2943 Н; |
| σ_B^c | – предел прочности при сжатии; | HB | – твёрдость по Бринеллю; |
| σ_H | – предел прочности при изгибе; | HRA | – твёрдость по Роквеллу (шкала А, конусный наконечник с общей нагрузкой 588,4 Н); |
| $\tau_{пч}$ | – предел прочности при кручении; | HRB | – твёрдость по Роквеллу (шкала В, сферический наконечник с общей нагрузкой 980,7 Н); |
| σ_T | – предел текучести физический (минимальный нижний предел текучести); | HRC | – твёрдость по Роквеллу (шкала С, конусный наконечник с общей нагрузкой 1471 Н); |
| $\sigma_{0,002}$ | – условный предел упругости с допуском на остаточную деформацию 0,002%; | HV | – твёрдость по Виккерсу при нагрузке 294,2 Н и времени выдержки 10–15 с; |
| $\sigma_{0,05}$ | – условный предел упругости с допуском на остаточную деформацию 0,05%; | HSD | – твёрдость по Шору |
| $\sigma_{0,1}$ | – условный предел упругости с допуском на остаточную деформацию 0,1%; | T_z | – заданный ресурс; |
| $\sigma_{0,2}$ | – предел текучести условный с допуском на величину пластической деформации при нагружении 0,2%; | $\sigma_{доп}$ | – номинальное допускаемое напряжение; |
| $\sigma_{0,5}$ | – условный предел упругости с допуском на остаточную деформацию 0,5%; | $\sigma_{д. п., T_z}^f$ | – условный предел длительной прочности (величина напряжений, вызывающая разрушение при температуре t и заданном ресурсе); |
| δ_p | – относительное равномерное удлинение; | σ_{-1} | – предел выносливости при симметричном цикле (растяжение – сжатие); |
| δ | – относительное удлинение после разрыва; | τ_{-1} | – предел выносливости при симметричном цикле (кручение); |
| ψ | – относительное сужение после разрыва; | σ_a | – наибольшее положительное значение переменной составляющей цикла напряжений; |
| KCU | – ударная вязкость, определенная на образцах с концентратором вида U; | $\Delta\epsilon$ | – размах упруго-пластической деформации цикла при испытании на термическую усталость; |
| KCV | – ударная вязкость, определенная на образцах с концентратором вида V; | N | – число циклов напряжений или деформаций, выдержанных нагруженным объектом до образования усталостной трещины определённой протяжённости или до усталостного разрушения; |
| KCT | – ударная вязкость, определенная на образцах с трещиной; | | |
| KV | – работа удара, определенная на образцах с концентратором вида V (работа разрушения); | | |
| T_k | – критическая температура хрупкости; | | |

| | | | |
|----------------|--|------------------|---|
| σ_0 | – начальное нормальное напряжение при релаксации; | ρ | – удельное электросопротивление; |
| σ_τ | – остаточное нормальное напряжение при релаксации; | K_p | – красностойкость; |
| K_{1c} | – коэффициент интенсивности напряжений; | $t_{\text{сол}}$ | – температура начала плавления металла; |
| A_{c1} | – температура начала $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения при нагреве (нижняя критическая точка); | $t_{\text{лик}}$ | – температура полного расплавления металла; |
| A_{c3} | – температура конца $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения при нагреве (верхняя критическая точка); | d_0 | – начальный диаметр образца; |
| A_{r1} | – температура конца $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения при охлаждении (нижняя критическая точка); | l_0 | – длина расчётной части образца; |
| A_{r3} | – температура начала $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения при охлаждении (верхняя критическая точка); | F_0 | – начальная площадь поперечного сечения образца до испытания; |
| M_n | – температура начала мартенситного превращения; | V | – скорость деформирования образца; |
| M_k | – температура конца мартенситного превращения; | $\dot{\epsilon}$ | – скорость деформации образца; |
| E | – модуль нормальной упругости; | P_1 | – гидравлическое давление; |
| G | – модуль упругости при сдвиге кручением; | P_y | – условное давление; |
| ν | – коэффициент Пуассона; | a | – толщина образца при испытании листов на изгиб; |
| γ | – плотность; | d | – толщина оправки при испытании листов на изгиб; |
| C | – удельная теплоёмкость; | R_n | – радиус надреза; |
| λ | – теплопроводность; | S, s | – толщина стенки; |
| α | – коэффициент линейного расширения; | Cl' | – хлор-ион; |
| H | – напряженность магнитного поля; | F' | – фтор-ион; |
| μ | – магнитная проницаемость; | Σ | – коэффициент износостойкости при абразивном износе; |
| B | – магнитная индукция; | Σ_r | – коэффициент износостойкости при гидроабразивном износе; |
| B_s | – индукция насыщения; | ν | – скорость резания; |
| ΔB | – разброс магнитной индукции вдоль и поперек направления прокатки; | K_v | – коэффициент относительной обрабатываемости; |
| P_{B, ν_0} | – удельные магнитные потери при частоте тока ν_0 и индукции B ; | τ | – время; |
| H_c | – коэрцитивная сила; | t | – температура; |
| | | $t_{\text{отп}}$ | – температура отпуска; |
| | | $t_{\text{исп}}$ | – температура испытания. |
| | | $T_{\text{кип}}$ | – температура кипения; |
| | | T_{min} | – минимальная температура использования материала; |
| | | T_{max} | – предельная температура использования материала; |
| | | pH | – водородный показатель. |

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

| | | | |
|--------------------|---|--------|--|
| АМ, АМУ, ВУ, ДУ | – условные обозначения методов определения стойкости к межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6032-2003; | ГТУЭС | – газотурбинная электростанция; |
| АФ | – автоматическая сварка под флюсом; | ГТЭ | – газотурбинные энергетические установки; |
| АЭС | – атомная электростанция; | ГЭС | – гидроэлектростанция; |
| АЭУ | – атомная энергетическая установка; | ДЭС | – дизельная электростанция; |
| ВВЭР | – водо-водяной энергетический реактор; | ДЦ | – данные ЦНИИТМАШ; |
| ВД | – открытая индукционная выплавка с последующим переплавом; | ИМАШ | – Институт машиноведения Российской академии наук; |
| ВДП | – вакуумно-дуговой переплав; | ИЦК | – инструкция ЦНИИТМАШ «Коррозия»; |
| ВИ | – вакуумно-индукционная плавка; | КД | – конструкторская документация; |
| ВНИТИ | – Всесоюзный научно-исследовательский трубный институт; | КП | – категория прочности; |
| В.С. | – вязкая составляющая; | КПП | – конвективный пароперегреватель; |
| ВТГР | – высокотемпературный гелиево-охлаждаемый реактор; | КР | – коррозионное растрескивание; |
| ВЧ | – высокочастотный нагрев; | КТ | – контактная сварка; |
| ГАЭС | – гидроаккумулирующая электростанция; | КЭС | – конденсационная электростанция; |
| гелий “ВЧ” | – гелий высокочистый; | МАГАТЭ | – международное агентство по атомной энергии; |
| ГНЦ | – государственный научный центр; | МКК | – межкристаллитная коррозия; |
| ГОСТ | – государственный стандарт; | МП | – механизированная сварка плавящимся электродом; |
| ГРЭС | – государственная районная электростанция; | НВЧ | – нижняя радиационная часть; |
| ГСССД | – государственная служба стандартных справочных данных; | НД | – нормативная документация; |
| ГТ | – газовая турбина; | НП | – нормы и правила; |
| ГТН | – газотурбинный насос; | НТД | – нормативно-техническая документация; |
| ГТУ | – газотурбинная установка; | ОД | – выплавка в открытых индукционных печах; |
| | | ОИ | – выплавка в открытых индукционных электропечах; |

| | | | |
|-------|---|----------|--|
| ОСТ | – отраслевой стандарт; | ТВД | – турбина высокого давления; |
| ОТТ | – общие технические требования; | ТВЧ | – ток высокой частоты; |
| ОЭ | – выплавка в открытых электропечах; | ТЗ | – техническое задание; |
| ПБ | – правила безопасности; | ТНП | – температура нулевой пластичности; |
| ПГ | – парогенератор; | ТПЧ | – ток промышленной частоты; |
| ПДП | – плазменно-дуговой переплав; | ТРС | – транспортные стали; |
| ПК | – питтинговая коррозия; | ТУ | – технические условия; |
| ПНАЭГ | – правила и нормы в атомной энергетике; | ТЭС | – тепловая электростанция; |
| ПС | – данный режим не регламентируется НТД, а назначается организацией-исполнителем по согласованию с головной материаловедческой организацией; | ТЭЦ | – теплоэлектроцентраль; |
| ПТ | – метод потенциостатического травления; | УЗК | – ультразвуковой контроль; |
| ПТД | – проектно-техническая документация; | ЦВД | – цилиндр высокого давления; |
| ПТУ | – паротурбинная установка; | ЦНД | – цилиндр низкого давления; |
| РАД | – ручная аргодуговая сварка; | ЦНИИТМАШ | – Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения; |
| РД | – ручная дуговая сварка; | ЦСД | – цилиндр среднего давления; |
| РБМК | – реактор большой мощности канальный; | ЭЛП | – электроннолучевой переплав; |
| РБН | – реактор на быстрых нейтронах; | ЭЛС | – электроннолучевая сварка; |
| РЗМ | – редкоземельные металлы; | ЭС | – электростанция; |
| РТМ | – руководящие технические материалы; | ЭТС | – электротехническая сталь; |
| СТУ | – специальные технические условия; | ЭШ | – электрошлаковая сварка; |
| СУЗ | – система управления и защиты реактора; | ЭШП | – электрошлаковый переплав; |
| | | ВWR | – реактор на кипящей воде; |
| | | PI | – питтинговый индекс; |
| | | PWR | – реактор на воде под давлением. |

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Литейные свойства. В Марочнике принята оценка характеристик литейных свойств в виде относительных величин коэффициентов, равных отношению показателей для изучаемого и эталонного материала, определенных по единым методикам. В качестве эталона взята сталь марки 30Л. Для оценки технологичности приняты следующие показатели:

$K_{ж.т.}$ – показатель жидкотекучести (равен отношению значений жидкотекучести данного материала и эталона);

$K_{т.у.}$ – показатель трещиностойчивости (равен отношению трещиностойчивости данного материала и эталона);

$K_{у.р.}$ – показатель склонности к образованию усадочных раковин (равен отношению объемов усадочной раковины в отливке из данного материала и эталона);

$K_{у.п.}$ – показатель склонности к образованию усадочной пористости (равен отношению объемов пористой зоны в отливке из данного материала и эталона).

Жидкотекучесть определена по спиралевидной пробе. Длина залитой спирали в сантиметрах выражает жидкотекучесть материала.

Линейная усадка определена на приборе конструкции Большакова.

Склонность стали к образованию усадочных раковин и пор определена на цилиндрическом образце, переходящем в верхней части в усеченный конус. *Усадочная пористость* определена по объему пористой зоны.

Трещиностойчивость определена на приборе конструкции ЦНИИТМАШ. Прибор показывает стойкость стали против образования горячих трещин, которые образуются вследствие заторможенной усадки образцов.

Литейные свойства определены при температуре на 50–70 °С выше начала затвердевания стали.

Механические свойства отливок, поставляемых по ГОСТ 977-88, приведены в Марочнике для отливок групп II и III.

Ковочные свойства. Для характеристики ковочных свойств в Марочнике приводятся механические свойства в зависимости от температуры испытания в интервале ковочных температур и критерий ковкости. Помимо ковочных свойств приводятся температурные

параметрыковки и условия охлаждения преимущественно крупных поковок, откованных как из слитков, так и из заготовок.

Критерий ковкости, являющийся комплексным показателем, характеризует способность металла к ковке и равен

$$K_{\psi} = \frac{\psi}{\sigma_{\text{в}}}, \frac{\%}{\text{Н/мм}^2}.$$

При $K_{\psi} < 0,01$ сталь (сплав) не куется, при $0,01 \leq K_{\psi} < 0,3$ – ковкость низкая, при $0,3 \leq K_{\psi} < 0,8$ – ковкость удовлетворительная, при $0,8 \leq K_{\psi} < 2$ – ковкость хорошая, при $K_{\psi} \geq 2$ – ковкость отличная.

Приведенная в Марочнике максимальная температура нагрева металла перед ковкой является максимально допустимой температурой нагрева металла в печи, причем для сталей марок 20X1M1Φ1TP (ЭП 182), 25X1MΦ (ЭИ 10), 20X1M1Φ1БР (ЭП 44), 15X5M (X5M), 15X11MΦ (14X1ГМΦ, ЦТ 1), 0XН70ВМТЮ (ЭИ 617), 40X9C2 (ЭСХ 8), 08X13 (ЭИ 496), 20XГНР, 40X13 (4X13), 08X18Н10Т (ЭИ 914) указана температура сварочной зоны, а для сталей марок 36X18Н25C2 (ЭЯ 3С) и 08X16Н9M2 (X16Н9M2) – температура томильной зоны печи.

Приведенные температурные интервалыковки являются наиболее широкими, а режимы охлаждения – ускоренными, которые достигнуты отдельными передовыми заводами.

Использование на других заводах рекомендуемых в Марочнике параметров, а также назначение рациональной температуры нагрева металла и условий охлаждения поковок возможно только после предварительного опробования и соответствующей корректировки с учетом местных условий, металлургической технологии, объема ковочных работ, размера поковок, величины садки, состояния печного оборудования и др. Рекомендуемые условия охлаждения металла послековки в ряде случаев не заменяют режимов предварительной термической обработки поковок.

Указанные рекомендации составлены на основании действующих заводских технологических инструкций и нормалей, а механические свойства при ковочных температурах – по данным литературных источников и результатов исследований, проведенных в различных организациях.

Механическая обработка.

Обработываемость сталей и сплавов резанием рассматривалась с точки зрения влияния свойств этих материалов на способность изнашивать режущий инструмент.

Обработываемость резанием приведенных в Марочнике сталей и сплавов определена для

условий получистового точения без охлаждения по чистому металлу резцами, оснащенными твердыми сплавами Т5К10, ВК8 (для аустенитных сталей и сплавов на никелевой основе), резцами из быстрорежущей стали марок Р18 (63–65 HRC) и, равной ей по свойствам, маловольфрамовой стали Р6М5Ф2 (64–66 HRC) при постоянных значениях глубины резания 1,5 мм, подачи на оборот 0,2 мм и главного угла в плане 60°.

Обрабатываемость сталей и сплавов резанием оценена по скорости резания, соответствующей 60-минутной стойкости резцов, v_{60} и выражена коэффициентом K_v для условий точения твердосплавным инструментом и инструментами из быстрорежущей стали по отношению к эталонной стали. В качестве эталонной стали принята углеродистая сталь 45 (179 НВ и $\sigma_b = 650$ Н/мм²), скорость резания v_{60} которой принята за единицу. Коэффициент **относительной** обрабатываемости данной стали K_v для условий точения твердосплавными резцами:

$$K_v = \frac{v_{60}}{145},$$

где v_{60} – скорость резания, соответствующая 60-минутной стойкости резцов при точении данного материала, м/мин; 145 – значение скорости резания при 60-минутной стойкости твердосплавных резцов при точении эталонной стали марки 45.

Коэффициент обрабатываемости K_v для условий точения резцами из быстрорежущей стали:

$$K_v = \frac{v_{60}}{70},$$

где 70 – значение скорости резания при 60-минутной стойкости быстрорежущих резцов при точении эталонной стали марки 45.

Для принятых условий резания абсолютное значение скорости резания v_{60} данной стали (сплава) определяется умножением ее коэффициента K_v на соответствующее значение v_{60} эталонной стали 45.

Приведенные в Марочнике данные по характеристике обрабатываемости резанием различных марок сталей и сплавов указывают на низкую обрабатываемость высокомарганцевистых высокопрочных сталей, жаропрочных сплавов на железоникелевой и никелевой основах в деформированном и особенно в литом состояниях, что обуславливает повышенную трудоемкость технологических операций механической обработки деталей из этих материалов.

Комплекс работ, проведенных ЦНИИТМАШ, по изысканию путей и средств повышения обрабатываемости резанием сталей и сплавов указывает, что это повышение может быть

достигнуто за счет:

- увеличения работоспособности режущего инструмента путем применения высокопроизводительных инструментальных материалов: твердых сплавов повышенной износостойкости марок ВК60М, ВК100М, ВК10ХОМ, а также сплавов титановольфрамовой группы ТТ10К8, ТТ20К6; рационального использования быстрорежущих сталей повышенной теплостойкости марок Р6М5К5, Р9М4К8, а также полученных методом порошковой металлургии марок Р6М5Ф3-МП, Р6М5К5-МП и др. Указанное обеспечивает повышение обрабатываемости труднообрабатываемых материалов на 20–30%;

- нанесения износостойких покрытий на рабочие поверхности инструмента;

- использования эффективных экологически чистых водосмешиваемых эмульсий, синтетических и полусинтетических жидкостей (Ивкат, СЦМ, Тафол, Эфтол, Автокат, Ивхон, Прогресс 13К и др.), а также жидкостей на масляной основе (ГСВ-1, Сульфогол, СП 44), применение которых позволяет повысить износостойкость инструмента и снизить шероховатость обработанных поверхностей;

- использования при резании труднообрабатываемых материалов методов с вводом дополнительных энергий в зону резания (подогрев срезаемого слоя, обработка с вибрациями и др.);

- применения металлургических способов путем введения в поверхностный слой заготовок (при их выплавке) несколько повышенного процентного содержания химических элементов серы и фосфора, что позволяет увеличить эффективность черновой обработки крупных заготовок из углеродистых и легированных конструкционных сталей.

При анализе уровня обрабатываемости и определения коэффициентов K_v для приведенных выше условий получистового точения использованы справочные материалы, опубликованные в технической литературе, результаты научно-исследовательских работ, выполненных в ЦНИИТМАШ, научно-исследовательских организациях других отраслей, а также опыт ведущих заводов машиностроения. Для отдельных марок сталей использованы расчетные методы определения обрабатываемости резанием, исходя из их физико-механических характеристик и химического состава.

Сварка. *Свариваемость сталей и сплавов* является комплексной характеристикой, определяющейся, с одной стороны, технологическими трудностями, возникающими при сварке, и, с другой, – эксплуатационной

надежностью сварных соединений.

В Марочнике даны характеристики так называемой технологической свариваемости, по которой материал условно разделен на следующие 4 группы:

материал, свариваемый без ограничений (при сварке нет необходимости применения каких-либо дополнительных технологических операций, например, подогрева, промежуточной термообработки и т.п.);

ограниченно свариваемый материал (при сварке рекомендуются или необходимы дополнительные операции);

трудно свариваемый материал (невозможно получить качественное соединение без обязательного применения дополнительных операций);

материалы, не применяемые для сварных конструкций.

Характеристика свариваемости состоит из трех частей:

Группа свариваемости материала.

Рекомендуемые способы сварки.

Необходимость дополнительных технологических операций при сварке.

Группа свариваемости определяется химическим составом материала, степенью разработки технологических приемов сварки и освоения в производственных условиях. Способы сварки являются рекомендуемыми, возможно использование и других, применяемых в производстве.

Под технологическими дополнительными операциями подразумевается ряд мер, необходимых при сварке II и III групп материалов, а в особых случаях и для I группы. К их числу относятся: необходимость предварительного и сопутствующего подогрева, проковка швов, наложение отжигающих валиков, ограничение скоростей нагрева и охлаждения при сварке, вылеживание после сварки, немедленная после сварки термообработка и др.

Назначение таких операций зависит от принятой технологии сварки и ряда других причин, объяснение которых дается в соответствующей технической литературе.

Необходимость подогрева при сварке и последующей термообработке приводится в характеристиках свариваемости. Другие операции, примеры которых были приведены выше, определяются при разработке технологического процесса сварки.

Приняты следующие условные обозначения способов сварки (см. «Сборник нормативных документов системы аттестации сварщиков и

специалистов сварочного производства» под ред. Котельникова В.С., Москва, 1999 г. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана):

РД – ручная дуговая сварка покрытыми электродами (111);

РАД – ручная аргодуговая сварка неплавящимся электродом (141);

МП – механизированная сварка плавящимся электродом в среде углекислого газа (135);

АФ – автоматическая сварка под флюсом (12);

ЭШ – электрошлаковая сварка;

ЭЛ – электроннолучевая сварка;

КТ – контактная сварка.

В скобках указан код способа сварки по европейской классификации.

Необходимость подогрева и последующей термообработки может возникнуть при сварке металла больших толщин из углеродистых, низколегированных и других марок стали (что в формулировках свариваемости не отмечается).

Толщина соединений, с которой необходимы подогрев и термообработка, регламентируется соответствующими инструкциями отраслевых производств.

В табл. 1 и 2 приведены в качестве примера некоторые требования РД 2730.940.102-92 «Котлы паровые и водогрейные, трубопроводы пара и горячей воды. Сварные соединения. Общие требования», которые могут служить в качестве ориентировочных данных для выбора и назначения режимов подогрева и термообработки сварных соединений.

Режимы подогрева (и термообработки) должны выбираться в зависимости от ряда условий: толщины, жесткости конструкции, содержания углерода и легирующих элементов, интенсивности теплоотвода и т.д. Имеет также значение и применяемый способ сварки. Так для КТ подогрев и последующая термообработка применяются редко из-за относительно небольших свариваемых сечений и технологических особенностей сварки. Способ РАД применяется чаще всего при сварке деталей тонких сечений, где обычно подогрев не требуется.

При сварке под флюсом, газозащитной и ручной дуговой сварке подогрев необходим для некоторых марок низколегированных, легированных (кроме сталей аустенитного класса) и углеродистых (при содержании углерода выше 0,22%) сталей.

Необходимость предварительного подогрева перед началом сварки зависит также от свариваемых толщин и технологии выполнения сварки («на проход», «горкой», «каскадом» и т.д.).

1. Значения температур подогрева при сварке

| Сталь | Толщина стенки изделия, мм | Температура подогрева, °С |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Низкоуглеродистая, до 0,22% С | > 100 | 100-150 (на многослойных швах) |
| Среднеуглеродистая, до 0,45% С | > 60 | 100-250 |
| Высокоуглеродистая | – | 250-400 |
| Низколегированная | > 30 | 150-200 |
| Легированная конструкционная | | до 350 |
| Теплоустойчивая: | | |
| 15ХМ | 10–30 > 30 | 150 200 |
| 12Х1МФ, 20ХМФЛ | 7 – 30 >30 | 200 250 |
| 15Х1М1Ф, 15Х1М1ФЛ | 7–30 >30 | 250 300 |
| Жаропрочная аустенитная | — | Без подогрева |

2. Примерные режимы термообработки сварных соединений

| Группа стали | Режим и назначение термообработки |
|---|---|
| Углеродистая | Отпуск при 610–650°С (для снятия сварочных напряжений). В некоторых случаях нормализация (920–940°С) или закалка с отпуском. |
| 20 (трубная)* | Отпуск при 610–650°С при толщине стенки свыше 36 мм |
| Низколегированная | Отпуск при 630–660°С для снятия сварочных напряжений |
| 15ГС (трубная)* | Отпуск при 635–660°С при толщине стенки свыше 30 мм |
| Теплоустойчивая: | |
| 15ХМ 12Х1МФ, 20ХМФЛ* 15Х1М1Ф, 15Х1М1ФЛ* | Отпуск при 700–730°С при толщине стенки свыше 10 мм Отпуск при 715–745°С при толщине стенки свыше 6 мм Отпуск при 725–755°С при толщине стенки свыше 6 мм |
| Высокохромистая | Отпуск при 730–760°С |
| Жаропрочная и коррозионно-стойкая | Сварные соединения стали аустенитного класса: стабилизация при 780–820°С или аустенитизация при 1000–1100°С для снятия напряжений, выравнивания структуры |

* Требования РД 2730.940.102-92

Режимы термообработки для сварных соединений конструкций из сталей перлитного класса применяют обычно: для снятия сварочных напряжений и снижения твердости сварных соединений – высокотемпературный отпуск; для выравнивания свойств и улучшения структуры (например, после ЭШ) – нормализацию, а также полную термообработку – закалку с отпуском.

При определении режимов термообработки необходимо принимать во внимание марку стали, назначение конструкции, возникновение деформаций, допустимый уровень остаточных напряжений и т.д.

Необходимость термообработки обычно указывают в ТУ на деталь. Если этого нет, то можно руководствоваться следующим: низкоуглеродистые и низколегированные стали

подвергаются термообработке в зависимости от назначения конструкции (степени ответственности), при сварке толщины свыше 60 мм для углеродистых и среднелегированных марок сталей необходима немедленная термообработка.

Если по условиям изготовления термообработка невозможна, то технологическим процессом должны быть предусмотрены операции для снижения уровня напряжений до безопасной величины (как, например, проковка, сварка поперечной горкой, правильный выбор режимов и материалов).

В табл. 2 приведены принятые режимы термообработки сварных соединений для некоторых марок сталей.

Технологические особенности сварки сталей. Низкоуглеродистые стали с содержанием

до 0,22% углерода относят к разряду хорошо свариваемых. В некоторых случаях при сварке металла больших толщин применяют подогрев и термообработку.

Стали углеродистые обыкновенного качества марок Ст2, Ст3 группы В и Ст1, Ст2, Ст3 группы Б по ГОСТ 380-94 поставляются с гарантией свариваемости, что отмечено в соответствующих характеристиках свариваемости.

Стали с содержанием 0,23–0,45% углерода склонны к подкалке, в связи с чем возникает ряд трудностей при их сварке. Меры, которые необходимо принять для получения качественного соединения, сводятся к следующему: применять предварительный (при необходимости) и сопутствующий подогрев (250–300°C); режимы сварки должны обеспечивать минимальное проплавление кромок; рекомендуется замедленное остывание конструкции. Термообработка – отпуск, а при требовании высокой пластичности – закалка с отпуском.

Высокоуглеродистые стали с содержанием 0,46–0,75% углерода, как правило, не применяются для сварных конструкций. Необходимость их сварки возникает при наплавках или ремонте. Вопросы сварки приходится решать для каждой конструкции в зависимости от комплекса требуемых свойств.

Сварка низколегированных сталей не отличается от сварки углеродистых сталей и заключается, главным образом, в выборе соответствующих сварочных материалов.

Сварка теплоустойчивых сталей производится с подогревом и последующей термообработкой – высоким отпуском.

При сварке высокохромистых сталей необходимы подогрев и последующий высокий отпуск.

Выбор сварочных материалов (электроды, проволока, флюсы и т.д.) должен производиться в зависимости от способа сварки, назначения конструкции и требований к сварным соединениям, регламентируемых отраслевыми нормами.

Жаропрочные стали и сплавы аустенитного класса используются для основных деталей энергетического оборудования с рабочей температурой 600°C и выше, например, для изготовления паропроводных и пароперегревательных труб, паровой арматуры, корпусов клапанов, а также узлов и деталей паротурбинных и газотурбинных установок.

Сварка аустенитных жаропрочных сталей и сплавов имеет свои особенности и связана с некоторыми трудностями, вызванными большей или меньшей склонностью материалов к

образованию трещин в околошовной зоне, различной технологичностью применяемых при их сварке присадочных материалов, а также склонностью сварных соединений к локальным разрушениям в процессе эксплуатации конструкций при температурах 580–650°C.

Склонность сталей и сплавов к локальным разрушениям в процессе эксплуатации значительно снижается в случае применения после сварки высокотемпературной термической обработки (аустенитизации), поэтому последующая термическая обработка сварных соединений является обязательным технологическим процессом, способствующим повышению надежности сварных конструкций в эксплуатации.

По технологической свариваемости аустенитные жаропрочные стали и сплавы также могут быть условно разбиты на следующие группы:

1. *Материалы, свариваемые без ограничений.*

К этой группе следует отнести стали марок 08X16H9M2, 12X18H9 (X18H9), 12X18H9T (X18H9T), 12X18H10T и др., химический состав которых характеризуется отношением эквивалентов* хрома и никеля, равным 1,3–1,6. Для сварки этих сталей применяются аустенитно-ферритные электроды или сварочные проволоки, обеспечивающие высокую трещиностойкость металла шва. В околошовной зоне сталей этой группы горячих трещин, как правило, не наблюдается. Стали этой группы в меньшей степени склонны к локальным разрушениям.

2. *Материалы ограниченно свариваемые.*

К этой группе отнесены стали марок 20X23H18 (ЭИ 417), 1X14H14B2M (ЭИ 257), 08X16H13M2Б (ЭИ 405), 10X16H14B2БР (1X16H14B2БР, ЭП 17) и др., химический состав которых характеризуется отношением эквивалентов хрома и никеля, близким к единице. При их сварке возможно появление околошовных трещин. Сварка осуществляется аустенитно-ферритными электродами, применение которых позволяет получить швы, свободные от горячих трещин.

3. *Материалы трудно свариваемые.*

К этой группе отнесены стали и сплавы марок 45X14H14B2M (ЭИ 69), 09X14H19B2БР1 (ЭИ 726), 08X15H24B4ТР (ЭП 164), ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТР (ЭИ 725) и др. с отношением эквивалентов хрома и никеля меньше единицы. Эти материалы склонны к образованию горячих трещин в околошовной зоне при сварке жестких толстостенных конструкций. Применяемые для их

* Эквиваленты хрома и никеля подсчитываются по следующим приближенным формулам

[Cr] = Cr% + 1,5Si% + Mo% + 0,8V% + 0,5Nb% + W% + 3,5Al% + 4Ti%
[Ni] = Ni% + 0,5Mn% + 0,5Cu% + 30C% + 30N%

сварки присадочные материалы не обеспечивают столь же высокой стойкости металла шва против образования горячих трещин, как аустенитно-ферритные. В связи с этим приходится использовать при ручной электродуговой сварке электроды малого диаметра (не более 3 мм), сварку производить “ниточными” швами, строго следить за отсутствием перегрева металла сварного соединения и появлением трещин и надрывов в наплавленном металле с целью их своевременного удаления.

В характеристике свариваемости для некоторых марок материалов рекомендуются электроды, специально разработанные для их сварки.

Коррозионные свойства некоторых марок материалов приводятся в Марочнике в условиях наиболее характерных для отрасли сред: горячих газов, пара и воды.

Наиболее важными видами коррозии разрушения являются:

- общая или равномерная коррозия;
- точечная или язвенная коррозия;
- щелевая коррозия;
- межкристаллитная коррозия;
- коррозионное растрескивание (коррозия под напряжением).

При сравнении коррозионной стойкости металлов с различными плотностями наиболее удобным является глубинный показатель коррозии – уменьшение толщины металла вследствие коррозии, выраженное в линейных единицах и отнесенное к единице времени.

Коррозионная стойкость марок сталей оценивается по пятибалльной шкале (табл. 3).

3. Пятибалльная шкала коррозионной стойкости

| Балл | Скорость коррозии, мм/год | Группа стойкости |
|------|---------------------------|-------------------|
| 1 | < 0,1 | Весьма стойкие |
| 2 | 0,1–1 | Стойкие |
| 3 | 1–3 | Пониженно-стойкие |
| 4 | 3–10 | Малостойкие |
| 5 | > 10 | Нестойкие |

Пятибалльная шкала принята в настоящем Марочнике для оценки как общей, так и точечной коррозии стали в воде и водных растворах.

Для многих сталей количественные данные по скорости точечной коррозии в литературе отсутствуют, имеются лишь указания на наличие склонности к этому виду коррозии. При подборе конструкционных материалов следует учитывать, что скорость точечной коррозии на марках, которые подвержены этому виду разрушения, как правило, в несколько раз превышает скорость общей коррозии.

В Марочнике приводятся сведения о склонности к межкристаллитной коррозии высоколегированных коррозионно-стойких марок сталей в соответствии с ГОСТ 6032-2003. Однако и высокохромистые стали также могут быть подвержены межкристаллитной коррозии. Карбиды хрома в этих сталях выпадают по границам зерен при быстром охлаждении с температур выше 900°C при термической обработке или после сварки. Склонность высокохромистых марок сталей к межкристаллитной коррозии устраняется отжигом при 700°C.

Склонность сталей к коррозионному растрескиванию оценивается по времени до разрушения в данной среде при заданном напряжении и в большинстве случаев выше предела текучести.

Склонность сталей к *отпускной обратимой хрупкости*, проявляющаяся в снижении ударной вязкости при медленном охлаждении или при длительной эксплуатации деталей в интервале температур 450–650°C, в Марочнике оценена качественно. Для сталей, склонных к обратимой отпускной хрупкости, требуется быстрое охлаждение после отпуска.

Флокеночувствительность дана для поковок и проката сечением более 100 мм.

По флокеночувствительности стали и сплавы всех марок условно разбиты на четыре группы:

нефлокеночувствительные – углеродистые и легированные марганцем и кремнием с содержанием углерода до 0,35%;

малофлокеночувствительные – углеродистые и легированные марганцем и кремнием с содержанием углерода свыше 0,35%;

флокеночувствительные – хромистые и хромомолибденовые;

повышенной флокеночувствительности – хромоникелевольфрамовые и хромоникелемолибденовые.

СИСТЕМЫ МАРКИРОВКИ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ

Маркировка сталей в России и странах СНГ

В России, как и в других странах СНГ, принята буквенно-цифровая система обозначения марок сталей, разработанная в СССР. Рассмотрим, как обозначаются стали различного назначения.

Конструкционные стали

Стали обыкновенного качества.

Нелегированные конструкционные стали обыкновенного качества в соответствии с ГОСТ 380-94 обозначаются следующим образом: Ст3сп, Ст5кп, Ст0 и др.

Здесь Ст – буквы, указывающие на принадлежность стали к группе сталей обыкновенного качества, следующая за ними цифра от 0 до 6 указывает на процент содержания углерода (см. табл. 1) и, наконец, в конце наименования стали приводятся буквы, определяющие степень ее раскисления (кп – кипящая, пс – полуспокойная, сп – спокойная).

В обозначение сталей с повышенным содержанием марганца после цифры добавляется также буква Г. Например, Ст3Гсп, Ст5Гпс и др.

1. Содержание углерода в сталях обыкновенного качества

| Обозначение стали | Содержание углерода, % |
|-------------------|------------------------|
| Ст0 | <0,23 |
| Ст1 | 0,06–0,12 |
| Ст2 | 0,09–0,15 |
| Ст3 | 0,14–0,22 |
| Ст4 | 0,18–0,27 |
| Ст5 | 0,28–0,37 |
| Ст6 | 0,38–0,49 |

Нелегированные конструкционные качественные стали.

Качественные конструкционные стали в соответствии с ГОСТ 1050-88 обозначают двузначным числом, указывающим примерное содержание углерода в стали, умноженное на сто. Так сталь с содержанием углерода 0,07–0,14% обозначается **10**, сталь с содержанием углерода 0,42–0,50% – **45**, а сталь с углеродом 0,57–0,65% – **60**. При этом для сталей с $C < 0,2\%$, не подвергнутых полному раскислению, в обозначение добавляются буквы **кп** (для кипящей

стали) и **пс** (для полуспокойной). Для спокойных сталей буквы в конце их наименований не добавляются, например **08кп**, **10пс**, **15**, **18кп**, **20** и т.д.

Качественные стали с повышенными свойствами, используемые для производства котлов и сосудов высокого давления, обозначают по ГОСТ 5520-79 добавлением буквы **К** в конце наименования стали: **15К**, **18К**, **22К** и др.

Конструкционные легированные стали. В соответствии с ГОСТ 4543-71 наименования таких сталей состоят из цифр и букв. Буквы указывают на основные легирующие элементы, включенные в сталь (табл. 2). Цифры после каждой буквы обозначают примерное процентное содержание соответствующего элемента, округленное до целого числа (при содержании легирующего элемента до 1,5% цифра за соответствующей буквой не указывается). Процентное содержание углерода, умноженное на 100, приводится в начале наименования стали.

2. Обозначения основных легирующих элементов

| Элемент | Обозначение |
|------------------------|------------------------------------|
| Никель | Н |
| Хром | Х |
| Кобальт | К |
| Молибден | М |
| Марганец | Г |
| Медь | Д |
| Бор | Р |
| Ниобий | Б |
| Цирконий | Ц |
| Кремний | С |
| Фосфор | П |
| Редкоземельные металлы | Ч |
| Вольфрам | В |
| Титан | Т |
| Азот | А (в середине наименования) |
| Ванадий | Ф |
| Алюминий | Ю |
| Селен | Е |

Например, сталь состава 0,09–0,15% С, 0,4–0,7% Cr, 0,5–0,8% Ni называется **12ХН**, а сталь состава 0,27–0,34% С, 2,3–2,7% Cr, 0,2–0,3% Мо, 0,06–0,12% V – **30ХЗМФ**.

Для того чтобы показать, что в стали ограничено содержание серы и фосфора ($S < 0,03\%$, $P < 0,03\%$) и сталь относится к группе высококачественных, в конце ее обозначения

ставят букву **А**. Особовысококачественные стали, подвергнутые электрошлаковому переплаву, обеспечивающему эффективную очистку от сульфидов и оксидов, обозначают добавлением через тире в конце наименования стали буквы **Ш**, например, **12Х2Н4А**, **15Х2МА**, **18ХГ-Ш**, **20ХГНТР-Ш** и др.

Литейные конструкционные стали. Литейные стали в соответствии с ГОСТ 977-88 обозначаются по тем же правилам, что и качественные и легированные стали. Отличие заключается лишь в том, что в конце наименований литейных сталей приводится буква **Л**, например, **15Л**, **20Г1ФЛ**, **35ХГЛ** и др.

Строительные стали. Строительные стали по ГОСТ 27772-88 обозначаются буквой **С** (строительная) и цифрами, соответствующими минимальному пределу текучести стали. Буква **К** в конце наименования указывает на стали с повышенной коррозионной стойкостью, буква **Т** – на термоупрочненный прокат, а буква **Д** – на повышенное содержание меди, например, **С255**, **С345Т**, **С390К**, **С440Д** и т.д.

Автоматные стали. Наименования автоматных сталей по ГОСТ 1414-75 начинаются с буквы **А** (автоматная). Если сталь при этом легирована свинцом, то ее наименование начинается с букв **АС**. Для отражения содержания в сталях остальных элементов используются те же правила, что и для легированных конструкционных сталей, например, **А20**, **А40Г**, **АС14**, **АС38ХГМ**.

Подшипниковые стали. Подшипниковые стали по ГОСТ 801-78 обозначаются так же, как и легированные с буквой **Ш** в начале наименования. Для сталей, подвергнутых электрошлаковому переплаву, буква **Ш** добавляется также и в конце их наименований через тире, например, **ШХ15**, **ШХ20СГ**, **ШХ4-Ш**.

Инструментальные стали

Нелегированные углеродистые инструментальные стали. Данные стали в соответствии с ГОСТ 1435-99 делятся на качественные и высококачественные. Качественные стали обозначаются буквой **У** (углеродистая) и цифрой, указывающей среднее содержание углерода в стали, умноженное на 10. Так сталь **У7** содержит 0,65–0,74% углерода, сталь **У10** – 0,95–1,04%, а сталь **У12** – 1,10–1,39%. В обозначения высококачественных сталей добавляется буква **А** (**У8А**, **У12А** и т.д.). Кроме того, в обозначениях как качественных, так и высококачественных углеродистых инструментальных сталей может присутствовать буква **Г**, указывающая на

повышенное содержание в стали марганца (например, **У8Г**, **У8ГА**).

Инструментальные легированные стали. Правила обозначения инструментальных легированных сталей по ГОСТ 5950-2000 в основном те же, что и для конструкционных легированных. Различие заключается лишь в цифрах, указывающих на массовую долю углерода в стали. Процентное содержание углерода также указывается в начале наименования стали, но при этом умножается на 10, а не на 100 как для конструкционных легированных сталей. Если же в инструментальной легированной стали содержание углерода составляет около 1,0%, то соответствующую цифру в начале ее наименования обычно не указывают, например, сталь **4Х2В5МФ** содержит 0,3–0,4% С, 2,2–3,0% Cr, 4,5–5,5% W, 0,6–0,9% Mo, 0,6–0,9% V, а сталь **ХВГ** – 0,9–1,05% С, 0,9–1,2% Cr, 1,2–1,6% W, 0,8–1,1% Mn.

Быстрорежущие стали. Обозначения марок быстрорежущих сталей начинаются с буквы **Р** и цифры, указывающей среднее содержание вольфрама в стали. Далее следуют буквы и цифры, определяющие массовые доли других элементов. В отличие от легированных сталей в наименованиях быстрорежущих сталей не указывается процентное содержание хрома, т.к. оно составляет около 4% во всех сталях, и углерода (оно пропорционально содержанию ванадия). Буква **Ф**, показывающая наличие ванадия, указывается только в том случае, если содержание ванадия составляет более 2,5%. В соответствии с вышесказанным сталь **Р6М5** имеет состав 0,82–0,9% С, 3,8–4,4% Cr, 4,8–5,3% Mo, 1,7–2,1% V, 5,5–6,5% W, а сталь **Р6АМ5Ф3** содержит 0,95–1,05% С, 3,8–4,3% Cr, 4,8–5,3% Mo, 2,3–2,7% V, 0,05–0,1% N, 5,7–6,7% W.

Коррозионно-стойкие стали

Обозначения коррозионно-стойких (нержавеющих), жаростойких и жаропрочных сталей согласно ГОСТ 5632-72 состоят из цифр и строятся по тем же принципам, что и обозначения конструкционных легированных сталей. В обозначения литейных коррозионно-стойких сталей такого вида добавляется буква **Л**. Приведем примеры: сталь состава С<0,08%, 17,0–19,0% Cr, 9,0–11,0% Ni, Ti в интервале от 5°С до 7% обозначается **08Х18Н10Т**, а литейная сталь **16Х18Н12С4ТЮЛ** имеет состав 0,13–0,19% С, 17,0–19,0% Cr, 11,0–13,0% Ni, 3,8–4,5% Si, 0,4–0,7% Ti, 0,13–0,35% Al.

Помимо стандартных, коррозионно-стойкие стали могут иметь и другие наименования. Так опытные марки, впервые выплавленные на заводе

"Электросталь", обозначаются буквами **ЭИ**, **ЭП** или **ЭК** и порядковым номером (например, **ЭИ 135**, **ЭП 225**, **ЭК 156**), марки завода "Днепропетцсталь" буквами **ДИ** (**ДИ 57**, **ДИ 94**), марки Челябинского металлургического комбината буквами **ЧС** (**ЧС 43**, **ЧС 87**) и т.д. В том случае, если стали получены методом электрошлакового переплава, к их наименованиям (так же как и для легированных сталей) добавляется через тире буква **Ш** (**06X16H15M3B-Ш**). Помимо этого к наименованиям указанных сталей через тире могут добавляться буквы, означающие следующее: **ВД** — вакуумно-дуговой переплав (**09X16H4B-ВД**), **ВИ** — вакуумно-индукционная выплавка (**03X18H10-ВИ**), **ЭЛ** — электроннолучевой переплав (**03H18K9M5T-ЭЛ**), **ГР** — газокислородное рафинирование (**04X15СТ-ГР**), **ИД** — вакуумно-индукционная выплавка с последующим вакуумно-дуговым переплавом (**ЭП14-ИД**), **ПД** — плазменная выплавка с последующим вакуумно-дуговым переплавом (**ХН45МВТЮБР-ПД**), **ИЛ** — вакуумно-индукционная выплавка с последующим электронно-лучевым переплавом (**ЭП989-ИЛ**) и т.д.

Системы маркировки сталей за рубежом

Система маркировки сталей по Евронормам

Европейская система обозначений сталей подробно приводится в стандарте EN 10027, состоящем из двух частей: часть 1 определяет порядок наименований сталей (присвоения им буквенно-цифровых обозначений), а часть 2 — порядок присвоения сталям порядковых номеров.

Наименования сталей

Согласно EN 10027 (часть 1) стали по порядку присвоения им наименований делятся на две группы. В первую группу включены стали, наименования которых определяются их назначением и механическими или физическими свойствами. Вторую группу составляют стали, наименования которых определяются их химическим составом.

Группа 1. Наименования сталей (табл. 3) состоят из одной или более букв, связанных с назначением стали, за которыми следуют цифры, определяющие ее свойства. За цифрами могут следовать дополнительные символы, определяющие состояние поставки стали и ее назначение.

3. Наименования сталей группы 1 по EN 10027

| Начальная буква (наименование стали) | Свойство, обозначаемое цифрами | Дополнительные символы | | | | |
|---|--|--|-----------|-------------|--|-----|
| | | подгруппа 1 | | | подгруппа 2 | |
| Конструкционные стали S = G = Стальное литье Ставится впереди, если необходимо | Например: S355J0 , ранее Fe510C Свойство: минимальный предел текучести (R_e) в Н/мм ² (три цифры) | <i>Работа разрушения при ударе</i> | | Температура | C = с повышенной пластичностью в холодном состоянии D = для нанесения покрытий в горячем состоянии E = для эмалирования F = дляковки и штамповки L = для работы при низких температурах M = термомеханически упрочненная N = нормализованная O = для шельфовых конструкций Q = термообработанная S = для судостроения T = для труб W = стойкая к атмосферной коррозии | |
| | | 27 Дж | 40 Дж | 60 Дж | | °C |
| | | JR | KR | LR | | +20 |
| | | J0 | K0 | L0 | | 0 |
| | | J2 | K2 | L2 | | -20 |
| | | J3 | K3 | L3 | | -30 |
| | | J4 | K4 | L4 | | -40 |
| | | J5 | K5 | L5 | | -50 |
| | | J6 | K6 | L6 | | -60 |
| | | M = термомеханически упрочненная N = нормализованная Q = термообработанная G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами | | | | |

| Начальная буква (наименование стали) | Свойство, обозначаемое цифрами | Дополнительные символы | |
|--|--|---|--|
| | | подгруппа 1 | подгруппа 2 |
| <p><i>Стали для котлов и сосудов высокого давления</i></p> <p>P = G = Стальное литье Ставится впереди, если необходимо</p> | <p>Например: P265B, ранее: FeE265KR Свойство: минимальный предел текучести (R_e) в $\text{H}/\text{мм}^2$ (три цифры)</p> | <p>M = термомеханически упрочненная N = нормализованная Q = термообработанная B = баллоны со сжатым газом S = обычные сосуды под давлением G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами</p> | <p>H = высокая температура L = низкая температура R = комнатная температура X = высокая или низкая температура</p> |
| <p><i>Стали для трубопроводов</i></p> <p>L =</p> | <p>Например: L360Q, ранее: 360QT Свойство: минимальный предел текучести (R_e) в $\text{H}/\text{мм}^2$ (три цифры)</p> | <p>M = термомеханически упрочненная N = нормализованная Q = термообработанная G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами</p> | <p>Буква и цифра, если необходимо</p> |
| <p><i>Стали для машиностроения</i></p> <p>E =</p> | <p>Например: E295, ранее: Fe490-2 Свойство: минимальный предел текучести (R_e) в $\text{H}/\text{мм}^2$ (три цифры)</p> | <p>G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами</p> | |
| <p><i>Арматурные стали</i></p> <p>B =</p> | <p>Например: B500N Свойство: минимальный предел текучести (R_e) в $\text{H}/\text{мм}^2$ (три цифры)</p> | <p>N = нормальной вытяжки H = высокой вытяжки G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами</p> | |
| <p><i>Стали для предварительно-напряженных конструкций</i></p> <p>Y =</p> | <p>Например: Y1770C, ранее: Fe1770 Свойство: минимальное временное сопротивление (R_m) в $\text{H}/\text{мм}^2$ (четыре цифры)</p> | <p>C = холоднотянутая проволока H = горячекатаные или предварительно- напряженные прутки Q = термообработанная проволока S = тонкий трос G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами</p> | |

Продолжение табл. 3

| Начальная буква (наименование стали) | Свойство, обозначаемое цифрами | Дополнительные символы | |
|--|---|--|--|
| | | подгруппа 1 | подгруппа 2 |
| <i>Рельсовые стали</i> R = | Например: R0880Mn , ранее: 3B Свойство: минимальное временное сопротивление (R_m) в Н/мм ² (четыре цифры, возможен ноль впереди) | Mn = высокое содержание марганца Cr = легированная хромом G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами | Q = термообработанная проволока |
| <i>Холоднокатаный листовой прокат из высокопрочных сталей для холодной штамповки</i> H = Если установлен предел текучести HT = Если установлено временное сопротивление | Например: H420M , ранее: FeE420HF Свойства: минимальный предел текучести (R_e) в Н/мм ² (три цифры); минимальное временное сопротивление (R_m) в Н/мм ² (три цифры и HT впереди) | M = термомеханически упрочненная или холоднокатаная B = закаленная в печи P = легированная фосфором X = двухфазная Y = с малым содержанием элементов внедрения (C и N) G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами | |
| <i>Листовой прокат для холодной штамповки</i> D = | Например: DC12EK , ранее: FeK4 Свойства: C = холоднокатаный D = горячекатаный X = состояние проката (две буквы или цифры) | D = для нанесения покрытий в горячем состоянии EK = для эмалирования DK = для безгрунтового эмалирования G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами | |
| <i>Упаковочные листы и ленты</i> T = Если установлен предел текучести TH = Если установлена твердость | Например: T660 , ранее: DR660 Свойство: заданный предел текучести (R_e) в Н/мм ² для двойного обжатия (три цифры) Например: TH52 , ранее: F52 Свойство: средняя твердость (TH и две цифры) | Дополнительные символы не предусмотрены | Дополнительные символы не предусмотрены |

Продолжение табл. 3

| Начальная буква (наименование стали) | Свойство, обозначаемое цифрами | Дополнительные символы | |
|--|---|---|--|
| | | подгруппа 1 | подгруппа 2 |
| <p><i>Электротехнические стали</i></p> <p>М =</p> | <p>Например: M400-50A, ранее: FeV400-50HA</p> <p>Свойство: предельно допустимые потери на перемагничивание в Вт/кг, умноженные на сто (три цифры)</p> | <p>Для магнитной индукции от 1,5 Тл (при 50 Гц)</p> <p>A = с неориентированным зерном</p> <p>D = нелегированные без заключительного отжига</p> <p>E = легированные без заключительного отжига</p> <p>N = с нормальными потерями на перемагничивание</p> <p>Для магнитной индукции от 1,7 Тл (при 50 Гц)</p> <p>S = ориентированное зерно с ограниченными потерями на перемагничивание</p> <p>P = ориентированное зерно с низкими потерями на перемагничивание</p> | <p>Дополнительные символы не предусмотрены</p> |

Рассмотрим, как расшифровываются приведенные в табл. 3 примеры.

S355J0 – конструкционная сталь с минимальным пределом текучести 355 Н/мм² и работой разрушения при ударе 27 Дж, измеренной при температуре 0°С.

P265B – сталь для баллонов со сжатым газом с минимальным пределом текучести 265 Н/мм².

L360QB – термообработанная сталь для магистральных трубопроводов с минимальным пределом текучести 360 Н/мм².

E295 – машиностроительная сталь с минимальным пределом текучести 295 Н/мм².

B500N – арматурная сталь с пределом текучести 500 Н/мм² нормальной вытяжки.

Y1770C – холоднотянутая проволока из стали для предварительно-напряженных конструкций с минимальным временным сопротивлением 1770 Н/мм².

R0880Mn – рельсовая сталь с высоким содержанием марганца с минимальным временным сопротивлением 880 Н/мм².

H420M – термомеханически упрочненная листовая высокопрочная сталь для холодной штамповки с минимальным пределом текучести

420 Н/мм².

DC12EK – холоднокатаная листовая сталь для холодной штамповки для эмалирования.

T660 – упаковочный лист (лента) с заданным пределом текучести для двойного обжатия 660 Н/мм².

TH52 – упаковочный лист (лента) с твердостью 52.

M400-50A – электротехническая сталь с предельно допустимыми потерями на перемагничивание 4 Вт/кг для магнитной индукции от 1,5 Тл при частоте 50 Гц с неориентированным зерном.

Группа 2. В группу 2 включены стали, наименования которых определяются их химическим составом. Группа 2 разделена на четыре подгруппы в зависимости от назначения и содержания легирующих элементов (табл. 4).

Рассмотрим приведенные в таблице, а также дополнительные примеры.

C35E4 – нелегированная сталь со средним содержанием углерода 0,35%, с содержанием марганца менее 1% и максимальным содержанием серы 0,04%.

4. Наименование сталей группы 2 по EN 10027

| Начальная буква (наименование стали) | Свойство, обозначаемое цифрами | Дополнительные символы | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|---------|-------------|-----------------------|---|---------------------------------------|----|-------------|-----|---|------|
| <p><i>Нелегированные стали со средним содержанием Mn <1% (кроме автоматных)</i></p> <p>C = G =</p> <p>Стальное литье. Ставится впереди, если необходимо</p> | <p>Например: C35E4, ранее: 2C35</p> <p>Первое число: среднее содержание углерода, умноженное на 100 (до трех цифр)</p> | <p>E = заданное максимальное содержание серы, умноженное на 100 R = заданный интервал содержания серы, умноженный на 100 D = для тянутой проволоки C = с повышенной пластичностью в холодном состоянии S = пружинная T = инструментальная W = для сварочной проволоки G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами</p> | | | | | | | | | | | |
| <p><i>Нелегированные стали с содержанием Mn ≥1%, нелегированные автоматные стали, легированные стали (кроме быстрорежущих) с содержанием каждого легирующего элемента до 5%</i></p> <p>Без буквы G =</p> <p>Стальное литье. Ставится впереди, если необходимо</p> | <p>Например: 28Mn6, ранее: 28 Mn 6</p> <p>Первое число: среднее содержание углерода, умноженное на 100 (до трех цифр)</p> | <p>Легирующие элементы: Буквы: символы химических элементов Цифры: отделены тире, соответствуют среднему содержанию элемента, умноженному на нижеследующие коэффициенты</p> <table border="1" data-bbox="706 1012 1313 1171"> <thead> <tr> <th>Элемент</th> <th>Коэффициент</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cr, Co, Mn, Ni, Si, W</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Ce, N, P, S</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table> | | Элемент | Коэффициент | Cr, Co, Mn, Ni, Si, W | 4 | Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr | 10 | Ce, N, P, S | 100 | B | 1000 |
| Элемент | Коэффициент | | | | | | | | | | | | |
| Cr, Co, Mn, Ni, Si, W | 4 | | | | | | | | | | | | |
| Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr | 10 | | | | | | | | | | | | |
| Ce, N, P, S | 100 | | | | | | | | | | | | |
| B | 1000 | | | | | | | | | | | | |
| <p><i>Легированные стали (кроме быстрорежущих) со средним содержанием по меньшей мере одного легирующего элемента более 5%</i></p> <p>X= G =</p> <p>Стальное литье. Ставится впереди, если необходимо</p> | <p>Например: X5CrNi18-10, ранее: X 5 CrNi 18 10</p> <p>Первое число: среднее содержание углерода, умноженное на 100 (до трех цифр)</p> | <p>Легирующие элементы: Буквы: символы химических элементов, выстроенные по убыванию содержания элементов (при одинаковом содержании – в алфавитном порядке) Цифры: отделены тире, соответствуют среднему содержанию элемента</p> | | | | | | | | | | | |
| <p><i>Быстрорежущие стали</i></p> <p>HS=</p> | <p>Например: HS2-9-1-8, ранее: HS 2-9-1-8</p> <p>Числа, отделенные тире: содержания легирующих элементов в следующем порядке: W-Mo-V-Co</p> | <p>Дополнительные символы не предусмотрены</p> | | | | | | | | | | | |

28Mn6 – нелегированная сталь со средним содержанием углерода 0,28% и марганца 1,5% (6, деленное на коэффициент 4).

13CrMo4-5 – нелегированная сталь со средним содержанием: углерода – 0,13%, хрома – 1%, молибдена – 0,5% и содержанием марганца более 1%.

X5CrNi18-10 – легированная сталь со средним содержанием: углерода – 0,05%, хрома – 18,0%, никеля – 10,0%.

Порядковые номера

Порядок присвоения сталям порядковых номеров определяется Европейским стандартом EN 10027 (часть 2). Порядковый номер стали представляется в виде **1.XXXX**, где цифра **1** определяет, что данный материал относится к

сталям. В дальнейшем при расширении принятой системы нумерации предполагается использовать последующие цифры для обозначения других материалов (в немецкой системе нумерации материалов, являющейся прообразом Европейской, символ **0**. используется, например, для обозначения чугунов, **2**. – для обозначения жаропрочных сплавов на основе никеля и кобальта, **3**. – для обозначения цветных металлов и сплавов). Следующие две цифры после **1**. определяют номер группы сталей, а две последние – порядковый номер стали в группе.

По номеру группы можно однозначно определить, к какому типу относится та или иная сталь. В табл. 5 приведены интервалы номеров, используемых для различных типов сталей. Более подробную классификацию можно найти непосредственно в стандарте EN10027 (часть 2).

5. Нумерация сталей по EN 10027

| Стали | | Порядковые номера |
|-----------------------|---|------------------------|
| Нелегированные | Обыкновенного качества | 1.00XX |
| | Качественные | 1.01XX – 1.09XX |
| | Высококачественные | 1.10XX – 1.13XX |
| | Инструментальные нелегированные | 1.15XX – 1.18XX |
| Легированные | Инструментальные легированные | 1.20XX – 1.28XX |
| | Быстрорежущие | 1.32XX – 1.33XX |
| | Износостойкие | 1.34XX |
| | Подшипниковые | 1.35XX |
| | Материалы со специальными свойствами | 1.36XX – 1.39XX |
| | Коррозионно-стойкие | 1.40XX – 1.45XX |
| | Жаропрочные и жаростойкие | 1.46XX – 1.49XX |
| | Высококачественные легированные конструкционные | 1.50XX – 1.85XX |
| | Свариваемые высококачественные | 1.87XX – 1.89XX |

Системы маркировки сталей в различных европейских странах

В связи с тем, что изданные и введенные в действие стандарты EN охватывают далеко не все стали, используемые в государствах ЕЭС, в европейских странах наряду с общеевропейской используются также и собственные системы маркировки сталей.

Система маркировки сталей в Германии

В Германии маркировка сталей осуществляется двумя способами. Первый способ – традиционный, с помощью букв и цифр, второй

способ – с помощью пятизначных порядковых номеров.

Обозначение сталей с помощью букв и цифр

В настоящее время для маркировки сталей с помощью букв и цифр в основном применяется общеевропейская система обозначений в соответствии с EN 10027-1. Тем не менее, в ряде случаев используются и старые обозначения.

Стали обыкновенного качества. Маркировка указанных сталей осуществляется следующим образом. Вначале, если необходимо, ставятся одна или две буквы, определяющие способ раскисления стали (**U** – кипящая сталь, **R** – спокойная или

полуспокойная) и ее специальные эксплуатационные свойства, связанные с последующим применением (**Q** – для отбортовки, **Z** – для волочения, **K** – для холодного формования). Затем ставятся буквы **St**, а за ними цифры. Первые две цифры характеризуют минимальный предел прочности (временное сопротивление разрыву) в кгс/мм² или Н/9,8 мм²; далее, если необходимо, ставится тире, а после него цифра, указывающая группу качества стали. Всего этих групп качества три, при этом 3-я группа отличается наиболее низким содержанием серы и фосфора. В конце наименования стали могут ставиться буквы **U** или **N**, указывающие на то, что сталь поставляется соответственно после прокатки или после нормализации.

Приведем примеры.

St 37-2 – сталь обыкновенная с минимальным пределом прочности 37 кгс/мм² или 360 Н/мм² второй группы качества;

USt 37-2 – кипящая сталь с минимальным пределом прочности 37 кгс/мм² или 360 Н/мм² второй группы качества;

ZSt 37-2 – сталь с минимальным пределом прочности 37 кгс/мм² или 360 Н/мм² второй группы качества, предназначенная для последующего холодного волочения;

KSt 52-3 N – сталь с минимальным пределом прочности 52 кгс/мм² или 510 Н/мм² третьей группы качества, предназначенная для последующего холодного формования, поставляемая после нормализации;

QSt 44-3 U – сталь с минимальным пределом прочности 44 кгс/мм² или 430 Н/мм² третьей группы качества, предназначенная для последующей холодной отбортовки (фланцевания), поставляемая после прокатки.

Качественные конструкционные стали. Основным признаком маркировки подобного типа сталей является то, что она начинается с заглавной буквы **S**. Затем может следовать одна из прописных букв: **k** (для улучшаемых сталей с содержанием **S** и **P** менее 0,035%), **m** (для сталей с гарантированным содержанием **S** 0,02–0,04% и содержанием **P**<0,035%) или **f** (для сталей с уменьшенным интервалом содержания углерода и содержанием **S**<0,035% и **P**<0,025%), определяющих качество стали. После ставится двузначное число, отражающее среднее содержание углерода, умноженное на сто.

Примеры:

S 45 – углеродистая качественная сталь с содержанием **C** 0,42–0,50%, **P**<0,045%, **S**<0,045%;

Sk 45 – сталь с содержанием **C** 0,42–0,50%, **P**<0,035%, **S**<0,035%;

Sm 45 – сталь с содержанием **C** 0,42–0,50%, **P**<0,035%, **S** 0,02–0,04%;

Sf 45 – сталь с содержанием **C** 0,43–0,49%, **P**<0,025%, **S**<0,035%.

Низколегированные стали. Низколегированными признаются стали с содержанием каждого легирующего элемента менее 5%. Такие стали маркируются в начале обозначения числом, соответствующим содержанию углерода в стали, умноженному на 100, далее указываются символы важнейших легирующих элементов, далее через пробел числа, соответствующие содержанию данных элементов, умноженному на коэффициент, приведенный в табл. 4. При этом числа, определяющие содержание легирующих элементов, отделяются друг от друга пробелом или тире.

Приведем примеры:

11 CrMo 5-5 – сталь с содержанием **C** 0,09–0,14%, **Cr** 1,05–1,25%, **Mo** 0,48–0,62%;

14 NiCr 14 – сталь с содержанием **C** 0,14–0,20%, **Ni** 3,0–3,5%, **Cr** 0,6–0,9% (т.к. содержание **Cr** менее 1%, то в наименовании стали присутствует только обозначение этого элемента без указания его процентного содержания).

Высоколегированные стали. Высоколегированные – это стали с содержанием хотя бы одного легирующего элемента более 5%. Обозначения таких сталей начинаются с буквы **X**, затем следует число, соответствующее среднему содержанию углерода, умноженному на 100, далее в порядке убывания содержания следуют символы важнейших легирующих элементов и числа, отражающие их средние содержания. Как и при обозначении низколегированных сталей, наименования легирующих элементов и числа их содержания отделяются друг от друга пробелом. В случае, если указывается содержание в стали нескольких легирующих элементов, то числа, определяющие их содержание, отделяются друг от друга пробелами или тире.

Примеры:

X 12 CrMo 5 – высоколегированная сталь с содержанием **C** 0,08–0,15%, **Cr** 4,0–6,0%, **Mo** 0,45–0,65% (менее 1%, поэтому содержание в наименовании стали не указывается);

X 2 CrNiMo 10 10 5 – сталь с содержанием **C**<0,03%, **Cr** 8,5–10,5%, **Ni** 8,5–11,0%, **Mo** 4,5–5,5%;

X 5 CrNiCuNb 17-4-4 – сталь с содержанием **C**<0,07%, **Cr** 15,0–17,5%, **Ni** 3,0–5,0%, **Cu** 3,0–5,0%, **Nb** 0,15–0,45% (менее 1%, поэтому содержание в наименовании стали не указывается).

Литейные стали. Для их обозначения в начале марки ставятся буквы **GS**.

6. Группы сталей

| | | | Нелегированные стали | | | Легированные стали | | |
|-------------------------|---------------|----|---|--|--|--|----|--|
| № ₂ | Базовые стали | | Качественные стали | | Специальные стали | Качественные стали | | Инструментальные стали |
| | 0 | 00 | 90 | | | 10 | | |
| Стали обычного качества | | | | Стали с особыми физическими свойствами | | | Cr | |
| 1 | | | 01 | 91 | 11 | | | 21 |
| | | | Обычные конструкционные стали с пределом прочности до 500 Н/мм ² | | Конструкционные с C<0,5% | | | Cr-Si Cr-Mn Cr-Mn-Si |
| 2 | | | 02 | 92 | 12 | | | 22 |
| | | | Другие конструкционные стали, не предназначенные для термообработки, с пределом прочности до 500 Н/мм ² | | Конструкционные с C≥0,5% | | | Cr-V Cr-V-Si Cr-V-Mn Cr-V-Mn-Si |
| 3 | | | 03 | 93 | 13 | | | 23 |
| | | | Стали со средним значением C<0,12% или пределом прочности до 400 Н/мм ² | | Конструкционные со специальными требованиями | | | Cr-Mo Cr-Mo-V Mo-V |
| 4 | | | 04 | 94 | 14 | | | 24 |
| | | | Стали со средним значением 0,12≤C<0,25% и пределом прочности более 400 Н/мм ² , но менее 500 Н/мм ² | | – | | | W Cr-W |
| 5 | | | 05 | 95 | 15 | | | 25 |
| | | | Стали со средним значением 0,25≤C<0,55% и пределом прочности более 500 Н/мм ² , но менее 700 Н/мм ² | | Инструментальные 1-я группа качества | | | W-V Cr-W-V |
| 6 | | | 06 | 96 | 16 | | | 26 |
| | | | Стали со средним значением C≥0,55% и пределом прочности не ниже 700 Н/мм ² | | Инструментальные 2-я группа качества | | | W исключая группы 24, 25, 27 |
| 7 | | | 07 | 97 | 17 | | | 27 |
| | | | Стали с повышенным содержанием P или S | | Инструментальные 3-я группа качества | | | c Ni |
| 8 | | | | | 18 | 08 | 98 | 28 |
| | | | | | Инструментальные специального назначения | Стали со специальными физическими свойствами | | Другие |
| 9 | | | | | 19 | 09 | 99 | 29 |
| | | | | | – | Стали для других применений | | – |

| Легированные специальные стали | | | | | | |
|--------------------------------|---|---|----------------------------------|---|---------------------------------------|--|
| № | Разные стали | Коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные стали | Конструкционные стали | | | |
| | | | 50 | 60 | 70 | 80 |
| 0 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| | – | Жаростойкие с <2,5% Ni без Mo, Nb и Ti | Mn-Si-Cu | Cr-Ni 2,0≤Cr<3,0% | Cr Cr-B | Cr-Si-Mo Cr-Si-Mn-Mo Cr-Si-Mo-V Cr-Si-Mn-Mo-V |
| 1 | 31 | 41 | 51 | 61 | 71 | 81 |
| | – | Жаростойкие <2,5% Ni и Mo, без Nb и Ti | Mn-Si Mn-Cr | – | Cr-Si Cr-Mn Cr-Mn-B Cr-Si-Mn | Cr-Si-V Cr-Mn-V Cr-Si-Mn-V |
| 2 | 32 | 42 | 52 | 62 | 72 | 82 |
| | Быстрорежущие с Co | – | Mn-Cu Mn-V Si-V Mn-Si-V | Ni-Si Ni-Mn Ni-Cu | Cr-Mo <0,35% Mo Cr-Mo-B | Cr-Mo-W Cr-Mo-W-V |
| 3 | 33 | 43 | 53 | 63 | 73 | 83 |
| | Быстрорежущие без Co | Жаростойкие с ≥2,5% Ni, без Mo, Nb и Ti | Mn-Ti Si-Ti | Ni-Mo Ni-Mo-Mn Ni-Mo-V Ni-Mn-V Ni-Mo-Cu | Cr-Mo ≥0,35% Mo | – |
| 4 | 34 | 44 | 54 | 64 | 74 | 84 |
| | Износостойкие | Жаростойкие с ≥2,5% Ni и Mo, без Nb и Ti | Mo, включая Nb, Ti, V, W | – | – | Cr-Si-Ti Cr-Mn-Ti Cr-Si-Mn-Ti |
| 5 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 |
| | Подшипниковые | Жаростойкие с особыми присадками | B Mn-B <1,65% Mn | Cr-Ni-Mo <0,4% Mo + <2,0% Ni | Cr-V <2,0% Cr | Азотируемые |
| 6 | 36 | 46 | 56 | 66 | 76 | 86 |
| | Материалы с особыми магнитными свойствами без Co | Коррозионно-стойкие и жаропрочные сплавы с особыми присадками | Ni | Cr-Ni-Mo <0,4% Mo + 2,0≤Ni<3,5% | Cr-V ≥2,0% Cr | – |
| 7 | 37 | 47 | 57 | 67 | 77 | 87 |
| | Материалы с особыми магнитными свойствами с Co | Жаропрочные с <2,5% Ni | Cr-Ni с <1,0% Cr | Cr-Ni-Mo <0,4% Mo + 3,5≤Ni<5,0% или ≥0,4% Mo | Cr-Mo-V | Стали, не предназначенные для термообработки |
| 8 | 38 | 48 | 58 | 68 | 78 | 88 |
| | Материалы с особыми физическими свойствами без Ni | Жаропрочные с ≥2,5% Ni | Cr-Ni 1,0≤Cr<1,5% | Cr-Ni-V Cr-Ni-W Cr-Ni-V-W | – | Высокопрочные свариваемые стали, не предназначенные для термообработки |
| 9 | 39 | 49 | 59 | 69 | 79 | 89 |
| | Материалы с особыми физическими свойствами с Ni | Высокотемпературные материалы | Cr-Ni 1,5≤Cr<2,0% | Cr-Ni, исключая группы 57–68 | Cr-Mn-Mo Cr-Mn-Mo-V | Высокопрочные свариваемые стали, не предназначенные для термообработки |

Обозначение сталей с помощью порядковых номеров

Система обозначений сталей с помощью порядковых номеров существовала в Германии задолго до принятия подобной общеевропейской системы и стала по существу ее прообразом (в Европе эта система определяется стандартом EN 10027-2). В соответствии с указанной системой порядковый номер стали представляется в виде **1.XXXX**. Здесь **1.** определяет, что материал является сталью (для чугунов используется символ **0.**, для жаропрочных никелевых и кобальтовых сплавов – **2.**, для цветных металлов – **3.**). Далее следуют две цифры, которые идентифицируют номер группы сталей (см. табл. 6). Две последние цифры определяют порядковый номер стали в группе.

Система маркировки сталей во Франции

Стали обыкновенного качества. Для обозначения нелегированных конструкционных сталей обыкновенного качества в настоящее время во Франции используется общеевропейская система обозначений в соответствии с EN 10027-1.

Нелегированные конструкционные качественные стали. Наименования качественных конструкционных сталей в зависимости от предельного содержания углерода, серы и фосфора начинаются с букв **С** или **ХС**, далее следуют цифры, соответствующие среднему содержанию углерода в стали, умноженному на 100. С буквы **С** начинаются наименования сталей с нормальным содержанием указанных элементов, с **ХС** – с ограниченным.

Приведем примеры: **С45** в соответствии со стандартом AFNOR NF A37-502 – это сталь с содержанием углерода 0,4–0,5% и предельным содержанием серы и фосфора по 0,04%, сталь **ХС45** в соответствии с тем же стандартом имеет содержание углерода 0,42–0,48%, максимальное содержание фосфора 0,035%, а серы – 0,025%.

Низколегированные стали. Как и в Германии, низколегированные стали – это стали с содержанием каждого легирующего элемента до 5%. Маркировка таких сталей во Франции в основном аналогична маркировке, принятой в Германии, хотя есть и некоторые отличия.

Наименования низколегированных сталей начинаются с числа, определяющего среднее содержание углерода в стали, умноженное на 100. Затем следуют буквы, указывающие основные легирующие элементы, включенные в сталь (см. табл. 7). Далее записывается число, соответствующее содержанию основного

легирующего элемента, умноженному на коэффициент, приведенный в табл. 4.

7. Обозначения основных легирующих элементов во Франции

| Элемент | Обозначение |
|----------|-------------|
| Никель | N |
| Хром | C |
| Кобальт | K |
| Молибден | D |
| Марганец | M |
| Медь | U |
| Бор | B |
| Ниобий | Nb |
| Цирконий | Zr |
| Кремний | S |
| Фосфор | P |
| Вольфрам | W |
| Титан | T |
| Азот | Az |
| Ванадий | V |
| Алюминий | A |

Примеры:

10 CND 6 – сталь с содержанием С 0,09–0,13%, Cr 1,2–1,6%, Ni 0,8–1,2%, Mo 0,15–0,30%;

20 MC 5 – сталь с содержанием С 0,17–0,22%, Mn 1,1–1,4%, Cr 1,0–1,3%.

Высоколегированные стали. Маркировка высоколегированных сталей с содержанием хотя бы одного легирующего элемента более 5% во Франции проводится по тем же правилам, что и в Германии, однако для обозначения таких сталей и обозначения легирующих элементов используются другие символы.

Наименования французских высоколегированных сталей начинается с буквы **Z**, затем следует число, определяющее среднее содержание углерода, умноженное на 100. После следуют обозначения основных легирующих элементов (см. табл. 7) в порядке убывания их содержания. В конце наименования ставятся числа, определяющие средние содержания таких элементов. Между собой указанные числа отделяются тире.

Приведем примеры:

Z 3 CND 18-14-03 – высоколегированная сталь с содержанием С <0,03%, Cr 17,0–19,0%, Ni 12,5–15,0%, Mo 2,5–3,0%;

Z 20 C 13 – сталь с содержанием С 0,16–0,25%, Cr 12,0–14,0%;

Z 8 CNNb 18-10 – сталь с содержанием С <0,08%, Cr 17,0–19,0%, Ni 9,0–11,0%, Nb <1,0%.

Литейные стали. Для их обозначения в конце марки добавляется буквы **M**.

Система маркировки сталей в Италии

Конструкционные стали обыкновенного качества. В Италии стали указанного типа маркируются по признакам их физических характеристик и делятся на две группы:

Стали с минимально гарантированным пределом прочности. В начале наименования указывается символ **Fe**, далее число, соответствующее минимально гарантированному пределу прочности (в Н/мм² или кгс/мм²).

Стали с минимально гарантированным пределом текучести. Наименования начинаются на **Fe**, далее ставится буква **E**, а после нее число, соответствующее минимально гарантированному пределу текучести (в Н/мм² или кгс/мм²).

Помимо указанных символов в наименования марок сталей может включаться и *дополнительная информация*:

склонность стали к свариванию – обозначается заглавными буквами **A, B, C** или **D**;

дополнительные показатели качества – обозначаются цифрами **1, 2, 3**, следующими за значениями пределов прочности или текучести через тире;

признак интервала температур, при которых используется сталь (**KG** – при температуре окружающей среды, **KT** – при низких температурах, **KW** – при повышенных температурах).

Приведем примеры.

Fe 330 – сталь с гарантированным пределом прочности 330 Н/мм²;

FeE 295 – сталь с гарантированным пределом текучести 295 Н/мм²;

Fe 510 B – сталь с гарантированным пределом прочности 510 Н/мм² и склонностью к свариваемости В;

Fe 880-2 – сталь с гарантированным пределом прочности 880 Н/мм² и показателем качества 2;

Fe 510-1 KT – сталь с гарантированным пределом прочности 510 Н/мм² и показателем качества 1 для работы при низких температурах;

Fe E 315 KG – сталь с гарантированным пределом текучести 315 Н/мм² для работы при температуре окружающей среды.

Стали, предназначенные для холодной штамповки. Маркируются буквами **Fe**, после чего следует буква **P**, указывающая на принадлежность стали к данной группе, а затем двузначное число от **01** до **06**, определяющее степень качества стали и её чистоты по S и P.

Примеры: **FeP 01** – сталь для холодной штамповки с содержанием C<0,12%, S<0,045%, P<0,045%; **FeP 06** – сталь с содержанием C<0,02%, S<0,02%, P<0,02%.

Литейные стали. Наименование начинается с букв **Fe**, затем следует буква **G**, после этого двузначное число – предел прочности в кгс/мм². После предела прочности через тире может следовать цифра **1** или **2**, характеризующая показатель качества стали.

Примеры: **Fe G 52** – литейная сталь с гарантированным пределом прочности 52 кгс/мм²;

Fe G 74-1 – сталь с гарантированным пределом прочности 74 кгс/мм² 1-ой группы качества.

Конструкционные качественные и легированные стали. Принципы обозначения конструкционных качественных и легированных сталей в Италии полностью соответствуют принципам обозначения указанных типов сталей в Германии (см. выше).

Система маркировки сталей в Швеции

Маркировка сталей в Швеции в соответствии со стандартом SS осуществляется четырехзначным числом. Первые две цифры указанного числа определяют группу, к которой принадлежит сталь (см. табл. 8), последние две – порядковый номер стали в группе. По маркировке различаются углеродистые стали (первая цифра наименования – **1**) и легированные (начинаются с цифры **2**).

8. Маркировка сталей в Швеции

| Марка | Группа сталей |
|--------------------|---------------------------------|
| 12XX – 18XX | Углеродистые стали |
| 19XX | Автоматные стали |
| 20XX | Легированные Si |
| 1XX | Легированные Mn |
| 22XX | Легированные Cr <10% |
| 23XX | Легированные Cr ≥10% |
| 25XX | Легированные Ni |
| 26XX | Высокопрочные свариваемые стали |
| 7XX | Легированные W |
| 29XX | Легированные остальные |

Приведем примеры:

1265 – углеродистая качественная сталь, по составу свойствам и назначению близка к российским сталям **08** и **10**;

1957 – автоматная сталь, аналог – российская сталь **A35**;

2085 – сталь, легированная кремнием, российский аналог – **55C2**;

2234 – легированная сталь, содержание Cr<10%, соответствует российской стали **30XM**;

2352 – нержавеющая сталь, легированная Cr≥10%, российский аналог – **03X18H11**.

Системы маркировки сталей в США

В США используется несколько систем обозначения металлов и сплавов, связанных с существующими организациями по стандартизации. Наиболее известными организациями являются:

AISI – Американский Институт Чугуна и Стали;

ACI – Американский Институт Литья;

ANSI – Американский Национальный Институт Стандартизации;

AMS – Спецификация Аэрокосмических Материалов;

ASME – Американское Общество Инженеров – Механиков;

ASTM – Американское Общество Испытания Материалов;

AWS – Американское Общество Сварщиков;

SAE – Общество Инженеров – Автомобилистов.

Системы обозначений, используемые той или иной организацией, вытекают из их исторического развития, а также развития связанных с ними отраслей промышленности. Рассмотрим наиболее популярные системы обозначений сталей, используемые в США.

Система обозначений AISI

Углеродистые и легированные стали. В системе обозначений AISI углеродистые и легированные стали, как правило, обозначаются с помощью четырех цифр. Первые две цифры обозначают номер группы сталей (табл. 9), а две последние – среднее содержание углерода в стали, умноженное на 100.

Так сталь **1045** относится к группе **10XX** качественных конструкционных сталей (нересульфидированных с содержанием Mn менее 1%) и содержит углерода около 0,45%.

Сталь **4032** является легированной (группа **40XX**), со средним содержанием 0,32% C и 0,2 или 0,25% Mo (реальный состав стали **4032**: 0,30–0,35% C, 0,2–0,3% Mo).

Сталь **8625** также является легированной (группа **86XX**) со средним содержанием: 0,25% C (реальные значения 0,23–0,28 %), 0,55% Ni (0,40–0,70%), 0,50% Cr (0,4–0,6%), 0,20% Mo (0,15–0,25%).

Помимо четырех цифр в наименованиях сталей могут встречаться также и буквы. При этом буквы **B** и **L**, означающие, что сталь легирована соответственно бором (0,0005–0,03%) или свинцом (0,15–0,35%), ставятся между второй и третьей

цифрой ее обозначения, например: **51B60** или **15L48**. Буквы **M** и **E** ставят впереди наименования стали, это означает, что сталь предназначена для производства неотчетливого сортового проката (буква **M**) или выплавлена в электропечи (буква **E**). И наконец, в конце наименования стали может присутствовать буква **H**, означающая, что характерным признаком данной стали является прокаливаемость.

9. Обозначения углеродистых и легированных сталей в системе AISI

| Обозначение | Группа сталей |
|---------------------------|---|
| <i>Углеродистые стали</i> | |
| 10XX | Нересульфидированные: Mn <1% |
| 11XX | Ресульфидированные |
| 12XX | Рефосфорированные и ресульфидированные |
| 15XX | Нересульфидированные: Mn ≥ 1% |
| <i>Легированные стали</i> | |
| 13XX | 1,75% Mn |
| 40XX | 0,2; 0,25% Mo или 0,25 % Mo и 0,042% S |
| 41XX | 0,5; 0,8 или 0,95% Cr и 0,12; 0,20 или 0,30% Mo |
| 43XX | 1,83% Ni, 0,50–0,80% Cr, 0,25% Mo |
| 46XX | 0,85 или 1,83% Ni и 0,2 или 0,25% Mo |
| 47XX | 1,05% Ni, 0,45% Cr и 0,2 или 0,35% Mo |
| 48XX | 3,5% Ni и 0,25% Mo |
| 51XX | 0,8; 0,88; 0,93; 0,95 или 1,0% Cr |
| 51XXX | 1,03% Cr |
| 52XXX | 1,45% Cr |
| 61XX | 0,6 или 0,95% Cr и 0,13 или 0,15% min V |
| 86XX | 0,55% Ni, 0,50% Cr и 0,20% Mo |
| 87XX | 0,55% Ni, 0,50% Cr и 0,25% Mo |
| 88XX | 0,55% Ni, 0,50% Cr и 0,35% Mo |
| 92XX | 2,0% Si или 1,40% Si и 0,70% Cr |
| 50BXX | 0,28 или 0,50% Cr |
| 51BXX | 0,80% Cr |
| 81BXX | 0,30% Ni, 0,45% Cr и 0,12% Mo |
| 94BXX | 0,45% Ni, 0,40% Cr и 0,12% Mo |

Коррозионно-стойкие стали. Обозначения стандартных коррозионно-стойких сталей по AISI включают в себя три цифры и следующие за ними в ряде случаев одну, две или более буквы. Первая цифра обозначения определяет класс стали. Так обозначения аустенитных коррозионно-стойких сталей начинаются с цифр **2XX** и **3XX**, в то время как ферритные и мартенситные стали определяются в классе **4XX**. При этом последние две цифры, в

отличие от углеродистых и легированных сталей, никак не связаны с химическим составом, а просто определяют порядковый номер стали в группе. Значения букв, следующих за цифрами, даны в табл. 10.

10. Дополнительные буквы и цифры, используемые для обозначения коррозионно-стойких сталей по AISI и UNS

| Символ AISI | Символ UNS | Описание |
|-------------|------------|--|
| xxxL | xxx01 | Низкое содержание углерода (< 0,03%) |
| xxxS | xxx08 | Нормальное содержание углерода (< 0,08%) |
| xxxN | xxx51 | Добавлен азот |
| xxxLN | xxx53 | Низкое содержание углерода (< 0,03%) + добавлен азот |
| xxxF | xxx20 | Повышенное содержание серы и фосфора |
| xxxSe | xxx23 | Добавлен селен |
| xxxB | xxx15 | Добавлен кремний |
| xxxH | xxx09 | Расширенный интервал содержания углерода |
| xxxCu | xxx30 | Добавлена медь |

Приведем примеры.

Сталь **304** относится к аустенитному классу, содержание углерода в ней < 0,08%. В то же время в стали **304 L** углерода не более 0,03%, а в стали **304 H** – 0,04–0,10 %. Указанная сталь, кроме того, может быть легирована азотом (тогда ее наименование будет **304 N**) или медью (**304 Cu**).

В стали **410**, относящейся к мартенсито-ферритному классу, содержание углерода < 0,15%, а в стали **410 S** – углерода < 0,08%

В стали **430 F** в отличие от стали **430** повышенное содержание серы и фосфора, а в сталь **430 F Se** добавлен еще и селен.

Система обозначений ASTM

Обозначение сталей в системе ASTM включает в себя:

- букву **A**, означающую, что речь идет о черном металле;
- порядковый номер нормативного документа ASTM (стандарта);
- собственно обозначение марки стали.

Обычно в стандартах ASTM принята американская система обозначений физических

величин. В том же случае, если в стандарте приводится метрическая система обозначений, после его номера ставится буква **M**.

Стандарты ASTM, как правило, определяют не только химический состав стали, но и полный перечень требований к металлопродукции. Для обозначения собственно марок сталей и определения их химического состава может быть использована как собственная система обозначений ASTM (в этом случае химический состав сталей и их маркировка определяются непосредственно в стандарте), так и другие системы обозначений, например AISI – для прутков, проволоки, заготовки и др., или ACI – для отливок из коррозионно-стойких сталей.

Приведем примеры

В стали **A 516 / A 516M - 90 Grade 70** буква **A** указывает на то, что речь идет о черном металле; **516** – это порядковый номер стандарта ASTM (**516M** – это тот же стандарт, но в метрической системе обозначений); **90** – год издания стандарта; **Grade 70** – марка стали. В данном случае используется собственная система обозначений сталей ASTM, здесь 70 определяет минимальный предел прочности стали при испытаниях на растяжение (в ksi, что составляет около 483 Н/мм²).

Сталь **A 276 Type 304 L** – в данном стандарте используется обозначение марки стали в системе AISI – **304 L**.

Сталь **A 351 Grade CF8M**. Здесь используется система обозначений ACI: первая буква **C** означает, что сталь относится к группе коррозионно-стойких, **8** – определяет среднее содержание в ней углерода (0,08%), **M** – означает, что в сталь добавлен молибден.

Стали **A 335 / A 335M grade P22;**
A 213 / A 213M grade T22;
A 336 / A 336M class F22 —

в данных примерах используется собственная маркировка сталей ASTM. Первые буквы означают, что сталь предназначена для производства труб (**P** или **T**) или поковок (**F**).

Сталь **A 269 grade TP304** – здесь используется комбинированная система обозначений. Буквы **TP** определяют, что сталь предназначена для производства труб, **304** – это обозначение стали в системе AISI

Универсальная система обозначений UNS

UNS – это универсальная система обозначений металлов и сплавов. Она была создана в 1975 г. с целью унификации различных систем обозначений, используемых в США. Согласно UNS обозначения сталей состоят из

буквы, определяющей группу сталей (табл. 11), и пяти цифр.

11. Обозначения сталей в системе UNS

| Символ | Группа сталей |
|---------------|--|
| Dxxxxx | Стали с предписанными механическими свойствами |
| Gxxxxx | Углеродистые и легированные стали AISI (за исключением инструментальных) |
| Hxxxxx | То же, но для прокаливаемых сталей |
| Jxxxxx | Литейные стали |
| Kxxxxx | Стали, не включенные в систему AISI |
| Sxxxxx | Жаростойкие и коррозионно-стойкие стали |
| Txxxxx | Инструментальные стали |
| Wxxxxx | Сварочные материалы |

В системе UNS проще всего классифицировать стали AISI. Для конструкционных и легированных сталей, входящих в группу **G**, первые четыре цифры наименования — это обозначение стали в системе AISI, последняя цифра заменяет буквы, которые встречаются в обозначениях по AISI. Так буквам **B** и **L**, означающим, что сталь легирована бором или свинцом, соответствуют цифры **1** и **4**, а букве **E**, означающей, что сталь выплавлена в электропечи, — цифра **6**.

Наименования коррозионно-стойких AISI-сталей начинаются с буквы **S** и включают в себя обозначение стали по AISI (первые три цифры) и две дополнительные цифры, соответствующие дополнительным буквам в обозначении по AISI (см. табл. 10).

Приведем примеры. Углеродистая сталь **1045** имеет обозначение в системе UNS **G 10450**, а легированная сталь **4032** — **G 40320**. Сталь **51B60**, легированная бором, называется в системе UNS **G 51601**, а сталь **15L48**, легированная свинцом, — **G 15484**.

Коррозионно-стойкие стали обозначаются: **304** — **S 30400**, **304 L** — **S 30401**, **304 H** — **S 30409**, а **304 Cu** — **S 30430**.

Система маркировки сталей в Японии

Наименования марок сталей в Японии, как правило, состоят из нескольких букв и цифр. Буквы определяют группу, к которой относится та или иная сталь, цифры — ее порядковый номер в группе или какое-нибудь свойство (например, содержание углерода, предел прочности и др.).

Конструкционные стали

Углеродистые стали обычного качества. Наименование начинается с букв **SS**, за которыми следуют три цифры, указывающие минимальный предел прочности стали в Н/мм². Примеры: **SS 330**, **SS 490** и др.

Углеродистые качественные стали. Обозначаются **S xx C**, где **xx** — среднее содержание углерода в стали, умноженное на сто. Примеры: **S 12 C** (0,10–0,15% C), **S 25 C** (0,22–0,28% C). В том случае, если сталь имеет пониженное содержание серы и фосфора, в конце ее наименования ставится буква **K** (**S 15 CK**).

Стали для поковок. Наименование начинается с букв **SF**. Далее, в зависимости от назначения поковок, следует несколько буквенных символов и **x** — порядковый номер стали в группе (в скобках приведены примеры):

— поковки для сосудов высокого давления из углеродистых сталей — **SFVC x** (**SFVC 1**, **SFVC 2 A**);

— поковки для сосудов высокого давления из легированных сталей — **SFVA F x** (**SFVA F 9**, **SFVA 21 A**);

— поковки для сосудов высокого давления, подвергаемые термообработке, — **SFVQ x** (**SFVQ 1 A**, **SFVQ 2 B**);

— поковки для сосудов высокого давления для работы при низких температурах — **SFL x** (**SFL 1**, **SFL 3**);

— высокопрочные поковки из Cr-Mo легированных сталей для работы при высоких температурах — **SFVCM F x** (**SFVCM F 22 B**, **SFVCM F 3 V**).

Стали для производства листового проката различного назначения. Маркируются буквами **SP**. Далее, в зависимости от типа могут следовать другие буквы и цифры:

— горячекатаный лист — **SPHx**, где **x = C, D, E** — определяет различные модификации стали (**SPHC**, **SPHD**);

— горячекатаный лист для производства труб (штрипсы) — **SPHT x**, **x** — порядковый номер стали в группе (**SPHT 1**, **SPHT 3**);

— холоднокатаный лист — **SPCx**, где **x = C, D, E** — также определяет различные модификации стали (**SPCD**, **SPCE**).

Листовой прокат для сосудов высокого давления. Маркируется разными буквами в зависимости от рабочей температуры, прочности, степени легирования и т.д.:

— толстолистовой прокат для работы при средних температурах — **SPV xxx**, **xxx** — предел прочности в Н/мм² (**SPV 355**, **SPV 490**);

— листовой прокат для газовых баллонов — **SG xxx, xxx** — также предел прочности (**SG 255, SG 365**);

— углеродистые стали для работы при обычных температурах — **SGV xxx, xxx** — предел прочности (**SGV 410, SGV 450**);

— прокат из Mn-Mo и Mn-Mo-Ni легированных сталей — **SBV x, x** — порядковый номер стали в группе (**SBV 1 A, SBV 3**);

— термообработываемый прокат из Mn-Mo и Mn-Mo-Ni легированных сталей — **SQV x, x** — также номер стали в группе (**SQV 1 B, SQV 3 A**);

— прокат из высокопрочных сталей — **SEV xxx, xxx** — предел прочности (**SEV 245, SEV 345**);

— прокат из углеродистых сталей для работы при низких температурах — **SLA xxx, xxx** — предел прочности (**SLA 235 A, SLA 410**);

— прокат из сталей, легированных Ni, для работы при низких температурах — **SLyN xxx**, где **xxx** — предел прочности, **y** — среднее содержание Ni в процентах (**SL3N 255, SL5N 590, SL9N 520**).

Стали для производства труб. Обозначение начинается с букв **ST**, далее следуют буквы, определяющие назначение стали, и цифры:

— трубы из углеродистых сталей общего назначения — **STK xxx, xxx** — предел прочности (**STK 290, STK 500**);

— трубы из углеродистых сталей для машиностроения — **STKM x**, где **x** — порядковый номер стали (**STKM 12 A, STKM 16 C**);

— трубы из углеродистых сталей для работы при высоком давлении — **STPG xxx** или **STS xxx, xxx** — предел прочности (**STPG 410, STS 480**);

— трубы из углеродистых сталей для работы при высоких температурах — **STPT xxx, xxx** — предел прочности (**STPT 410, STPT 480**);

— трубы из легированных сталей — **STPA x, x** — порядковый номер стали в группе (**STPA 12, STPA 24**);

— трубы для работы при низких температурах — **STPL xxx, xxx** — предел прочности (**STPL 380, STPL 450**);

— трубы из углеродистых сталей для котлов и теплообменников — **STB xxx, xxx** — предел прочности (**STB 410, STB 510**);

— трубы из легированных сталей для котлов и теплообменников — **STBA x, x** — порядковый номер стали (**STBA 20, STBA 25**);

— трубы для теплообменников для работы при низких температурах — **STBL xxx, xxx** — предел прочности (**STBL 380, STBL 690**);

— трубы для нагревателей нелегированные — **STF xxx, xxx** — предел прочности; легированные — **STFA x, x** — порядковый номер (**STF 410,**

STFA 24);

— квадратные трубы — **STKR xxx, xxx** — предел прочности (**STKR 400, STKR 490**).

Арматурные стали. Имеют обозначение **SR xxx** или **SD xxx**, где **xxx** — предел прочности в Н/мм². Буквы **R** и **D** определяют положение ребер на поверхности прутка. Примеры: **SR 235, SD 295 B, SD 390**.

Стали для производства катанки. Обозначение начинается с букв **SWR**, далее следуют другие буквы и цифры:

— низкоуглеродистые стали — **SWRM x, x** — порядковый номер (**SWRM 6, SWRM 17**);

— высокоуглеродистые стали — **SWRH x, x** — порядковый номер (**SWRH 32, SWRH 62 B**);

— катанка для последующей холодной обработки (волочение, штамповка) — **SWRCH x, x** — порядковый номер; в конце наименования стали добавляются буквы **R** — кипящая, **K** — спокойная, **A** — успокоенная добавлением Al (**SWRCH 8R, SWRCH 19A, SWRCH 40K**);

— катанка для последующей холодной обработки (волочение, штамповка), легированная бором — **SWRCHB xxx, xxx** — предел прочности (**SWRCHB 231, SWRCHB 734**).

Автоматные стали. Имеют обозначение **SUM xx**, где **xx** — порядковый номер стали в группе. Если сталь легирована свинцом, то к ее обозначению добавляется буква **L** (**SUM 12, SUM 25, SUM 31 L**).

Стали для заклепок. Обозначения начинаются с букв **SV xxx, xxx** — минимальный предел прочности (**SV 330, SV 400**).

Стали для цепей. **SBC xxx, xxx** — предел прочности (**SBC 300, SBC 690**).

Пружинные стали. Наименования начинаются с букв **SUP**, далее следует порядковый номер стали (**SUP 6, SUP 12**).

Легированные стали. Наименования указанных сталей включают в себя буквы и цифры. Первой буквой всегда является буква **S**, далее следуют буквы, определяющие основные легирующие элементы. Для обозначения легирующих элементов могут использоваться как общепринятые их символы, так и заглавные буквы их наименований (**C** — хром, **M** — молибден, **N** — никель, **S** — кремний, **A** — алюминий). После букв могут следовать одна, две или три цифры. Если цифр одна или две, то они определяют номер стали в группе; если же цифр три, то первая из них — это порядковый номер стали, а две последние — среднее содержание углерода, умноженное на сто.

Приведем примеры:

SNC 815 — сталь легирована никелем и хромом, **8** — номер, среднее содержание углерода

— 0,15% (фактическое 0,12–0,18%);

SCr 420 — сталь легирована хромом, среднее содержание углерода — 0,20% (0,18–0,23%);

SACM 645 — сталь легирована алюминием, хромом и молибденом, углерод — 0,45% (0,40–0,50%).

В конце наименований легированных сталей может присутствовать буква **H**, указывающая на особенности прокаливаемости стали (**SCM 418 H**, **SMnC 443 H**).

Инструментальные стали

Углеродистые стали. Обозначение состоит из букв **SK** и порядкового номера стали в группе (**SK2**, **SK 6**).

Легированные стали. Обозначаются буквами **SKD**, **SKS** или **SKT**, за которыми следует порядковый номер (**SKD 6**, **SKS 43**, **SKT 4**).

Быстрорежущие стали. Наименования начинаются с букв **SKH**, за которыми следует порядковый номер (**SKH 3**, **SKH 51**).

Подшипниковые стали. Обозначение состоит из букв **SUJ** и порядкового номера (**SUJ 2**, **SUJ 5**).

Коррозионно-стойкие стали

Для обозначения коррозионно-стойких сталей в Японии используется система обозначений **AISI**. При этом к цифровым обозначениям **AISI** обязательно добавляется префикс **SUS** (**SUS 410**, **SUS 316 L**, **SUS 321 H**).

Кроме того, в середину наименования (после букв **SUS**) или в его конец могут быть добавлены и другие буквы:

— **F** — сталь используется для производства поковок (**SUS F 321**, **SUS F 304L**);

— **Y** — сталь для сварочной проволоки (**SUS Y 308L**, **SUS Y 321**);

— **TP** — сталь для производства труб (**SUS 304 TP**, **SUS 321 HTP**).

Жаропрочные стали

Обозначаются буквами **SUH**, за которыми может следовать номер стали в группе (одна или две цифры) или обозначение **AISI** (три цифры), например: **SUH 4**, **SUH 21**, **SUH 310**.

Литейные стали

Для их обозначения в начале марки ставятся буквы **SC**.

Маркировка цветных сплавов в России и странах СНГ

Никелевые сплавы

К сплавам на основе никеля отнесены материалы, в которых содержание никеля не менее 55%.

В зависимости от области применения сплавы на основе никеля поделены на 2 группы:

1. Деформируемые сплавы, предназначенные для работы в коррозионно-активных средах и при высоких температурах (ГОСТ 5632).

2. Никель, никелевые и медно-никелевые сплавы, обрабатываемые давлением и применяемые для различных изделий в аппаратостроении, приборостроении (ГОСТ 492).

К первой группе относятся коррозионно-стойкие, жаростойкие (окалиностойкие) и жаропрочные сплавы. Коррозионно-стойкие сплавы обладают стойкостью против электрохимической и химической коррозии, межкристаллитной коррозии, коррозии под напряжением.

Жаростойкие сплавы (на основе никеля) — нихромы используют как материал для электрических нагревательных элементов сопротивления.

Вторая группа состоит из нескольких сплавов для вакуумной техники, для термодар и для элементов электросопротивления (реостатные сплавы). Кроме того, в ней находятся марки чистого никеля, используемого для электролитического покрытия, а также в приборостроении и машиностроении.

Для реостатных сплавов используют сплавы никеля с медью (константан, копель). В этих сплавах с 40–50% никеля электросопротивление мало изменяется с температурой.

Наименование отечественных марок сплавов, как и у сталей, состоит из буквенных обозначений элементов, за исключением никеля, вместо которого указываются цифры, обозначающие его среднее содержание в процентах. Нихромы часто имеют впереди сочетание **XH**. Например, сплав **XH55BMTKЮ** имеет основной химический состав: W 4,5–6,5%; Mo 4–6%; Ti 1,4–2,0%; Co 12–16%; Al 3,6–4,5%. Никель — основа в пределах 50–60%.

Для различных марок никеля приняты обозначения, состоящие из буквы **H** (никель) и нескольких сочетаний, характеризующих небольшие добавки других элементов или качество конкретной марки, в конце стоит число, являющееся либо порядковым номером материала, либо средней концентрацией основного

добавочного элемента.

Например, **НП2** — никель полуфабрикатный (химсостав: Ni ≥ 99,7%, остальное — допустимые примеси); **НПА1** — никель полуфабрикатный анодный первой модификации (химсостав: Ni ≥ 99,7%, остальное — допустимые примеси); **НМц2** — никель марганцовистый (химсостав: Ni ≥ 97,1%, Mn 1,0–2,3%, остальное — допустимые примеси).

Алюминиевые сплавы

В странах СНГ и России для алюминиевых сплавов используются две системы обозначений: буквенно-цифровая и цифровая.

В буквенно-цифровой маркировке не существует четкой системы. Буквы могут символизировать алюминий и основные легирующие элементы: **АМц** (Al-Mn), **АМг2**, **АМг3** (Al-Mg), **АК9М2** (Al-Si-Cu), назначение сплава: **АК6**, **АКЧ-1** (алюминий ковочный), названия сплавов: **АВ** — авиаль, **Д16** — дюралюминий, могут быть связаны с названием предприятия, разработавшего сплав: **ВАД23** — ВИАМ, со свойствами: **АД**, **АД00** — алюминий деформируемый, **АЛ9** — алюминий литейный и т.д. Цифры — это обычно порядковые номера, иногда концентрации легирующих элементов.

Позднее была введена четырехзначная цифровая маркировка.

В ней первая цифра обозначает основу сплава. Алюминий и сплавы на его основе маркируют цифрой **1**.

Вторая цифра обозначает основной легирующий компонент или основные легирующие компоненты. Второй цифрой **0** обозначаются различные марки алюминия, спеченные алюминиевые сплавы, различные сорта пеноалюминия. Цифрой **1** обозначают сплавы на основе Al-Cu-Mg; цифрой **2** — сплавы на основе системы Al-Cu; цифрой **3** — сплавы на основе системы Al-Mg-Si; цифрой **4** — сплавы на основе Al-Li, а также сплавы, легированные малорастворимыми компонентами, например переходными металлами (марганец, хром, цирконий); сплавы, замаркированные цифрой **5**, базируются на системе Al-Mg и называются магналиями; сплавы на основе систем Al-Zn-Mg или Al-Zn-Mg-Cu обозначаются цифрой **9**. Цифры **6**, **7** и **8** — резервные.

Последние две цифры в цифровом обозначении алюминиевого сплава — это его порядковый номер. Последняя цифра несет дополнительную информацию: сплавы, оканчивающиеся на нечетную цифру, — деформируемые, на четную — литейные.

Если сплав опытный и не используется в серийном производстве, то перед маркой ставят цифру **0** (01570, 01970) и маркировка становится пятизначной.

В настоящее время используются обе системы обозначения алюминиевых сплавов.

Медь и медные сплавы

Названия марок приведены в соответствии с действующими стандартами. В России принято буквенно-цифровое обозначение, в котором буквы обозначают основные легирующие элементы, числа — их примерное содержание. В марках меди впереди ставится буква **М**, остальные обозначения показывают степень чистоты и метод очистки. В медно-никелевых сплавах присутствие меди указывается так же, как и легирующих элементов.

Для латуней в России принята буквенно-цифровая маркировка, в которой буквы обозначают основные компоненты сплава, а числа — их примерное содержание в процентах. Марка латуни начинается с буквы **Л** — латунь. В двойных (простых медно-цинковых латунях) число после буквы **Л** определяет среднее содержание меди.

Многокомпонентные латуни кроме меди и цинка содержат еще один или несколько легирующих элементов: **А** — алюминий, **О** — олово, **Н** — никель, **Ж** — железо, **К** — кремний, **С** — свинец, **Мц** — марганец, **Мш** — мышьяк.

Порядок букв и чисел в деформируемых и литейных латунях различен. Первое число после букв в деформируемой латуни соответствует среднему содержанию меди, последующие числа, отделенные друг от друга тире, указывают среднее содержание легирующих элементов. Например, латунь **ЛАЖ60-1-1** имеет следующий состав: 60% меди, 1% алюминия, 1% железа, остальное — цинк.

В литейных латунях среднее содержание компонентов сплава указывается сразу после буквы, обозначающей его название; цинк обозначается буквой **Ц**. Например, литейная латунь **ЛЦ30А3** содержит 30% цинка, 3% алюминия, медь — основа.

Маркировка бронз в России во многом похожа на маркировку латуней. По химическому составу бронзы подразделяются на оловянные и безоловянные, и в каждой из этих групп по технологии производства бронзы делятся на обрабатываемые давлением и литейные. В марке обрабатываемых давлением оловянных и безоловянных бронз после сочетания **Бр** стоят буквенные обозначения названий легирующих элементов в порядке убывания их концентраций, а в конце марки в той же последовательности

указаны округленные концентрации соответствующих элементов. В марке литейных оловянных и безоловянных бронз после каждого обозначения легирующего элемента указано его содержание. Например, безоловянная высокомарганцовистая алюминиевая литейная бронза **БрА7Мц15Ж3Н2Ц2** имеет следующий химический состав: Al 6,6–7,5%; Fe 2,5–3,5%; Mn 14–15,5%; Ni 1,5–2,5%; Si < 0,1%; Zn 1,5–2,5%; Pb < 0,05%; As < 0,05%; Sb < 0,05%; P < 0,02%; Cu – основа; литейная оловянная бронза **БрОФ10-1**, у нее Sn 9–11%, P 0,4–1,1%, суммарная концентрация примесей не более 1%; Cu – основа.

Если составы литейной и деформируемой бронз совпадают, то в конце марки литейной бронзы ставится буква **Л**, (например, **БрА9Ж3Л**).

Баббиты

Легкие подшипниковые антифрикционные сплавы (баббиты) создаются на основе олова и (или) свинца часто с добавками сурьмы. Их название начинается с буквы **Б**, затем, если следуют цифры, то это процентное содержание олова, буквы — начальные наименования добавленных определяющих сплав элементов.

Например, **Б83** — баббит, у которого Sn 82–84% (основа), Sb 10–12%, Cu 5,5–6,5%; **Б16** имеет Sn 15–17%, Sb 15–17%, Cu 1,5–2,0%, Pb – основа; **БН** — баббит с добавкой никеля с химическим составом Sn 9–11%, Sb 13–15%, Cu 1,5–2,0%, Cd 1,25–1,75%, Ni 0,75–1,25%, As 0,5–0,9%; **БКА** — баббит с добавкой кальция и алюминия, он имеет Ca 0,85–1,15%, Na 0,6–0,9%, Al 0,05–0,20%, Pb – основа.

Титановые сплавы

В соответствии с общепринятой системой классификации по уровню легирования и фазовому составу сплавы разделены на 6 следующих групп:

1 — технический титан (в том числе с палладием); **2** — α -сплавы (не содержащие β -фазы); **3** — псевдо- α -сплавы (с количеством β -фазы не более 5%); **4** — $\alpha + \beta$ -сплавы (с большим количеством β -фазы); **5** — псевдо- β -сплавы (способные закаливаться на 100% β -фазы); **6** — β -сплавы (не содержащие α -фазы в равновесном состоянии).

Для большинства сплавов **России** марка начинается с букв (**ВТ**, **ОТ**, **ПТ**).

Марка **ВТ** означает “ВИАМ титан”, затем следует порядковый номер. ВИАМ (Всероссийский

институт авиационных материалов) — организация-разработчик сплава.

Марка **ОТ** означает “Опытный титан” — сплав, разработанный совместно ВИАМ и заводом ВСМПО (Верхнесалдинское МПО, г. Верхняя Салда Свердловской области).

Марка **ПТ** означает “Прометей титан”, ее разработчик — ЦНИИ КМ “Прометей” (г. Санкт-Петербург).

Иногда в марку сплава добавляют буквы **У** — улучшенный, **М** — модифицированный, **И** — специального назначения. Буква **Л** означает литейный сплав [81, 82, 90].

Примеры. **ВТ1-00**, **ОТ4-0**, **ПТ-7М**, **ВТ5-1**, **ВТ16**, **ВТ18У**, **ВТ20Л**.

Циркониевые сплавы

В **России** в основном применяются сплавы циркония с 1% Nb — **Н-1 (Э110)** для оболочек твэлов и с 2,5% Nb — **Н-2,5 (Э125)** для канальных труб, листов и других изделий, а также высокорадационностойкий циркониевый сплав **Э635** (Zr — 1,2 Sn — 1 Nb — 0,4 Fe).

Системы маркировки цветных сплавов за рубежом

Никелевые сплавы

За рубежом маркировка никелевых сплавов, как и в **России**, близка к обозначениям, применяемым для сталей. Например, немецкая марка **NiCr7030** означает сплав, в котором более 60% никеля, 20–32% хрома, около 5% железа.

Алюминиевые сплавы

В **США** наиболее широко применяется система обозначений Алюминиевой Ассоциации, которая является международной.

Литейные алюминиевые сплавы в этой системе сгруппированы в серии по видам легирования и имеют трехзначные обозначения.

Первая цифра каждой серии характеризует химический состав сплава: **1** — чистый алюминий, **2** — Al-Cu, **3** — Al-Si-Mg, Al-Si-Cu, **4** — Al-Si, **5** — Al-Mg, **7** — Al-Zn, **8** — Al-Sn. Промышленных сплавов серии с **6** и **9** не существует. Обычно для того, чтобы подчеркнуть, что сплав литейный, в конце его марки через точку ставится ноль. Например, **238.0**, **308.0**.

Для деформируемых сплавов применяется единая четырехзначная система обозначений, в которой первое число, как и ранее, указывает на вид легирования сплава: **1** — чистый алюминий, **2** — Al-Cu, **3** — Al-Mn, **4** — Al-Si, **5** — Al-Mg, **6** — Al-Mg-Si, **7** — Al-Zn-Mg, Al-Zn-Mg-Cu, **8** — прочие типы легирования.

Второе число обозначения указывает на порядковый номер модификации сплава относительно исходного сплава (в исходном — вторая цифра **0**) или свидетельствует о чистоте сплава по примесям. Последнее двузначное число обозначает непосредственно сплав и дает информацию о его чистоте. Если сплав опытный, то впереди ставят индекс **X** и маркировка становится пятизначной.

Число состояний полуфабрикатов из алюминиевых сплавов в США составляет несколько сотен.

Система обозначения состояний распространяется на все виды полуфабрикатов из деформируемых алюминиевых сплавов, кроме слитков. Она основана на последовательности основных термических обработок для получения различных состояний. Обозначение состояний следует за обозначением сплава. Основное состояние обозначается буквой, а их разновидности — одной или несколькими цифрами после буквы. Могут быть некоторые различия при той же последовательности основных операций, обуславливающих различие в характеристиках, тогда вводятся дополнительные символы.

В **Японии** для обозначения литейных алюминиевых сплавов в марке сначала стоит сочетание **АС**. Последующее выражение состоит из числа, характеризующего группу сплавов, относящихся к определенной системе легирования, и букв, являющихся символом определенного сплава в данной группе. Разбиение на группы таково: **1** — Al-Cu, **2** — Al-Cu-Si, **3** — Al-Si, **4** — Al-Si-Mg, **5** — Al-Si-Cu, Al-Cu-Ni-Mg, **7** — Al-Mg, **8** — Al-Si-Cu-Mg. Промышленных сплавов серии с цифрами **6** и **9** не существует.

Что касается деформируемых алюминиевых материалов, то система обозначения марок в Японии совпадает с американской.

В **Германии** система обозначений легких металлов устанавливается DIN 1700. Стандартные обозначения базируются на химических символах основных легирующих элементов с добавлением перед ними или после них буквенных или цифровых обозначений.

В кратком обозначении на первом месте ставится **Al** (основной металл), потом следует символ основного легирующего элемента с числом,

соответствующим его среднему содержанию в сплаве, например, **AlMn**; **AlMg3**; **AlMg4,5Mn**; **AlZnMgCu1,5**.

Чистый алюминий обозначается символом алюминия и числом содержания его в процентах, например **Al99,5** — металл, содержащий 99,5% Al.

В обозначение первичного алюминия вводится буква **H**, например, **A99,5H** — первичный алюминий чистотой 99,5%.

Алюминий повышенной чистоты обозначается буквой **R**, например, **Al99,99R** — алюминий повышенной чистоты в чушках минимальной чистоты 99,99%; **Al99,98R** — алюминий повышенной чистоты в виде полуфабриката минимальной чистоты 99,98%.

Для сплавов чистота основного металла алюминия отмечается обозначением степени чистоты, например, **Al99,9Mg1**; для алюминия повышенной чистоты вместо степени чистоты пишется только значок **R**, например, **AlRMg1**.

Обозначение степени чистоты часто опускается.

При обозначении деформируемых полуфабрикатов иногда перед маркой сплава через дефис ставится буква, указывающая на область применения: **E** — проводниковый материал для электротехники; **S** — сварочный материал; **L** — припой; **Sd** — электродная проволока. Например, **E-AlMgSi0,5**; **S-AlMg5**; **L-AlSi12**.

Плакированный полуфабрикат обозначается дополнением **pl** перед буквой **F**, например, **AlCuMgPplF37**.

Перед обозначением марок литейных алюминиевых сплавов дается указание на метод литья:

G — литье, а когда вторая буква отсутствует, то отливка в землю или песчаные формы;

GK — литье в кокиль;

GD — литье под давлением.

Далее идут символы элементов и числа, указывающие их среднее содержание.

В конце обозначения марки сплава может быть указана его термическая обработка.

Для литейных сплавов с повышенным допустимым содержанием меди, которая не является легирующим элементом, краткое обозначение дополняется стоящим в скобках символом **Cu**, например **GD-AlSi12(Cu)**.

Качественная обработка поверхности обозначается дополнительно сочетанием **EQ** и классом качества, например **AlMg3F23EQ-E6**.

Цифровая система обозначения регламентируется DIN 17007. Полная система состоит из семи позиций: **1** — основа сплава или материала (**0** — для чистого железа и

ферросплавов, **1** — для стали, **2** — для тяжелых металлов, **3** — для легких металлов, **4–8** — для неметаллических материалов); позиции от 2-й до 5-й — специфика марки, определяется в основном химическим составом или технологией получения сплава; позиции **6** и **7** — приведенное число, указывается для всех легких металлов по единой системе обозначения состояний поставки материалов.

Для алюминия установлена серия от **3.0000** до **3.4999**. Последующее подразделение этой серии осуществляется путем присвоения номера (цифровой маркировки) материалу в соответствии с типом сплава и степенью его чистоты.

Знак **EQ**, предназначенный для обозначения качества, прибавляется и к номеру материала от **E0** до **E6**.

Пример построения номера материала для алюминия:

1. Основа сплава, алюминий — номер **3**.

2. Цифры от **0** до **5** присваиваются основным легирующим элементам по следующему шифру:

1 — Cu, **2** — Si, **3** — Mg, **4** — Zn, **0** — другие элементы или сплав без легирующих добавок.

3. Цифра указывает на дополнительную легирующую добавку, со следующей расшифровкой:

5 — Mn, Cr; **6** — Pb, Bi, Ca, Cd, Sb, Sn; **7** — Ni, Co; **8** — Ti, V, Be, Zr; **9** — Fe и **0** — прочие элементы.

4. Числа **0–2** указывают на относительно низкое, **3–6** — среднее и **7–9** — высокое содержание основных легирующих элементов.

5. Числа от **0** до **3** обозначают литейные сплавы; **4** — сплавы для литья под давлением; **5** — первый стандартный (внесенный в DIN) деформируемый сплав соответствующего типа; **6–7** — другие деформируемые сплавы подобного типа (модификации); **8** и **9** — деформируемые сплавы на базе Al99,9 (металл, содержащий 99,9% Al) и соответственно Al99,9R (металл повышенной чистоты с 99,9% Al) (**4** применяется исключительно для материалов авиационной техники).

Например, сплав **AlCuMg2**, в котором Cu 4,0–4,8%, Mg 1,2–1,8%, имеет цифровое обозначение **3.1355**.

Для указания состояния полуфабрикатов используются так называемые **F**-числа, например, **AlMg3F18**. Они указывают минимальные значения предела прочности в 10 Н/мм².

Алюминиевые сплавы **Франции** при маркировке впереди имеют букву **A**, далее через тире идут символы легирующих элементов с числами, соответствующими их среднему содержанию. Последним стоит символ основного

легирующего элемента. Например, **A-S5U3G** — литейный алюминиевый сплав с химическим составом Si (**S**) 4,5–6%; Cu (**U**) 2,6–3,6%; Mg(**G**) 0,15–0,4%, остальное — алюминий и примеси; **A-S12UNG** — сплав с химическим составом Si(**S**) 11,5–13,5%; Cu(**U**) 0,8–1,5%; Ni(**N**) 0,6–1,3%; Mg(**G**) 0,8–1,5%; остальное — алюминий и примеси.

Медь и медные сплавы

В **США** используется Унифицированная система нумерации металлов и сплавов (Unified Numbering System for Metals and Alloys — UNS). Обозначение состоит из буквы **C** (copper) и пятизначного номера, соответствующего химическому составу. Сплавы с номерами меньше **8000** — обрабатываемые давлением, больше — литейные.

Обрабатываемые давлением сплавы в стандартах **Германии** имеют буквенно-цифровую систему обозначений: **Cu** — означает, что сплав на основе меди, основные легирующие элементы обозначены их химическими символами. Следующие за ними числа показывают массовую долю элементов. Литейные сплавы имеют другую, более сложную систему обозначений. Все сплавы (и обрабатываемые давлением, и литейные) имеют также цифровые обозначения, поэтому для каждого сплава **Германии** приводятся два обозначения: буквенно-цифровое и цифровое.

Обрабатываемые давлением сплавы в стандартах **Японии** имеют такую же систему обозначений, как и в США, только число цифр — четыре. При этом сплавы, чьи обозначения совпадают с обозначениями сплавов США (за исключением пятой цифры в марке США), близки по составу к соответствующим сплавам США (например, японский медно-никелевый сплав **C7060** и американский **C70600**).

Приведем примеры обозначения зарубежных сплавов.

В США по ASTM S8A-77: **B133**, **B152**, **B359**, **C11000**.

В Германии по DIN 1787-73: **ECu57**, **ECu58**.

В Японии по JIS H3510, H3100, H3300: **C1100**.

В **США** деформируемые латуни определяются по ASTM: **B36**, **B475**, **B171**, **B121**, **B591**, **B 289**, **B135**, **B694**, **B453**, **B283**, **B111**, **B587**, **B359**, **B124**, **B592** и маркируются буквой и цифрами. Например, **C2100**, **C26800**, **C28000**, **C4100**, **C46400**, **C3800**, **C68700**.

В **Германии** — по DIN 17660, DIN 17673. Они маркируются по элементам и их химическому составу. Например, **CuZn5**, **CuZn20**, **CuZn38Sn1**,

CuZn40Mn2.

В **Японии** — по JIS: H3100, H3250, H3300. Сплавы маркируются, как и в США, буквенно-цифровым способом. Например, **C2100, C2680, C2800, C3560, C3710, C3603, C6782.**

В **зарубежных странах** также маркировки бронз аналогичны латунным, в **Японии** иногда уточняют дополнительно тип (класс) материала.

Титановые сплавы

Для сплавов **США** общего назначения, поставляемых по ASTM, впереди идет слово **Grade** (сорт, марка), далее — порядковый номер сплава. Для сплавов авиационного назначения, поставляемых по AMS (спецификация авиационных материалов), числа и буквенные индексы характеризуют номинальный состав сплава. Сорта технического титана маркируются буквами **CP** и числами, означающими предел текучести в ksi ($6,9\text{H}/\text{мм}^2$). Для сплавов военного назначения, поставляемых по MIL (военная спецификация), буквенные индексы **A, AB** и **B** характеризуют фазовый состав сплавов ($\alpha, \alpha+\beta, \beta$), далее следуют их порядковые номера. Сплавы, используемые в производстве прутковых и проволочных электродов для сварки и поставляемые в соответствии со стандартом AWS (Американское общество сварки), маркируются словом **ERTi** и порядковым номером сплава (для сортов технического титана) или сочетанием цифр и буквенных индексов, отражающих номинальный состав сплава.

Для сплавов **Великобритании**, поставляемых по стандартам B.S. (Британский стандарт, авиационная серия), буквенные индексы в марке характеризуют систему легирования, а для сортов технического титана ставятся буквы **CP** и предел прочности в $\text{H}/\text{мм}^2$; для сплавов, поставляемых по стандартам фирмы IMI, являющейся основным производителем титана в Великобритании, буквы в марке означают индекс фирмы и условные номера сплавов.

Для сплавов **Германии**, поставляемых по DIN и WL (стандарт авиационных материалов), ставится индекс **Ti**, далее буквенные и цифровые символы,

характеризующие номинальный химический состав (для сплавов) или порядковые номера (для сортов технического титана), а также условные номера, входящие в систему кодирования.

Для сплавов **Франции**, поставляемых по AESMA (Ассоциация европейских производителей для авиастроения), ставятся индекс **Ti** и условные номера для кодирования; для сплавов, поставляемых по AIR (Французский авиационный стандарт), — буква **T** и значения предела текучести в ksi (для сортов технического титана) или условные буквенные и цифровые символы, характеризующие состав сплава (для легированных сплавов).

Для сплавов **Японии** общего назначения, поставляемых по JIS, впереди ставится слово “**класс**”, а затем порядковый номер сплава; для сплавов авиационного назначения, поставляемых по фирменным стандартам, — цифровые и буквенные индексы по системе, аналогичной принятой в AMS.

Наряду со свойствами важным критерием качества полуфабрикатов из титановых сплавов является характер их структуры. Несмотря на некоторые различия принципов ее оценки и требований, установленных в российских и зарубежных стандартах, общий подход к допустимой и недопустимой структурам является однотипным.

Более полная и комплексная информация по химическому составу и уровню механических свойств конкретных полуфабрикатов из титановых сплавов в определенных структурных состояниях приведена в соответствующих стандартах [22].

Циркониевые сплавы

В **США** получили распространение сплавы типа циркалоев, в которых основным легирующим элементом является олово. Например, циркалой-2 (**Zr-2**); циркалой-4 (**Zr-4**) и **ZIRLO**. Сплав **ZIRLO** по эксплуатационным свойствам близок к российскому сплаву **Э635**.

Во **Франции** применяются сплавы **M4** и **M5**. Сплав **M5** — полный аналог российского сплава **H-1** [8, 19, 23].

СТАЛИ И СПЛАВЫ

| | |
|--|-----|
| Раздел 1. Стали конструкционные | 49 |
| Стали углеродистые обыкновенного качества | 49 |
| Стали углеродистые качественные | 74 |
| Стали низколегированные | 147 |
| Стали легированные | 215 |
| Стали целевого назначения | 406 |
| Стали высоколегированные, коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные | 422 |
| Раздел 2. Стали инструментальные | 649 |
| Стали углеродистые и легированные | 649 |
| Стали штамповые | 660 |
| Стали валковые | 690 |
| Стали быстрорежущие | 706 |
| Раздел 3. Литейные стали | 719 |
| Раздел 4. Сплавы | 831 |
| Сплавы на железоникелевой основе | 831 |
| Сплавы на никелевой основе | 856 |
| Литейные сплавы | 904 |
| Раздел 5. Цветные металлы и сплавы | 920 |

Раздел 1. СТАЛИ КОНСТРУКЦИОННЫЕ

СТАЛИ УГЛЕРОДИСТЫЕ ОБЫКНОВЕННОГО КАЧЕСТВА

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|--|--------------------------------------|------------------------------------|--------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Ст0 | | Сортовой прокат — ГОСТ 535–2005. Лист — ГОСТ 14637–89. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | As | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,23 | — | — | ≤ 0,060 | ≤ 0,070 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | 735 | 854 | 682 | 835 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 535–2005 | В горячекатаном состоянии | | | До 20 | — | 300 | 18 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | — | 300 | 18 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 40 | — | 300 | 15 | — | — | — | — | | |
| ГОСТ 14637–89 | В горячекатаном состоянии | | | До 20 | — | 300 | 23 | — | — | d=2,5a | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | — | 300 | 22 | — | — | d=3,5a | — | | |
| | | | | Свыше 40 до 160 | — | 300 | 20 | — | — | d=3,5a | — | | |
| Назначение. Второстепенные нерасчитываемые элементы сварных и несварных конструкций и неотчетливые детали: настилы, арматура, подкладки, шайбы, перила, кожухи, обшивки и др. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | |
| 167 | — | При σ _b = 305 Н/мм ² . | — | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
| Среда | | | | t, °С | | | | Скорость коррозии, мм/год | | | | | |
| Морская вода | | | | 20 | | | | 0,105 | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1280–750 | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | 1300–700 | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. | | | | В горячекатаном состоянии при 103–107 НВ и σ _b = 470 Н/мм ² K _v = 2,10 (твердый сплав), K _v = 1,65 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|-------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------|-----------------------------------|-------------------------|---|-----------------|-------------------------|-----------------|
| Ст2кп | | Листы — ГОСТ 14637–89, ГОСТ 16523–97. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | As | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,09–0,15 | ≤ 0,05 | 0,25–0,50 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | 735 | 854 | 682 | 835 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | |
| ГОСТ 14637–89 | В горячекатаном состоянии | | | До 20 | 215 | 320–410 | 33 | — | — | d=1,5a | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 205 | 320–410 | 32 | — | — | d=2,5a | — | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 195 | 320–410 | 30 | — | — | d=2,5a | — | | |
| | | | | Свыше 100 до 160 | 185 | 320–410 | 30 | — | — | d=2,5a | — | | |
| ГОСТ 16523–97 | Термически обработанный горячекатаный лист | | | До 2,0 | — | 300–480 | 21 | — | — | d=0 | — | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 300–480 | 23 | — | — | d=a | — | | |
| | Термически обработанный холоднокатаный лист | | | До 2,0 | — | 300–480 | 24 | — | — | d=0 | — | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 300–480 | 26 | — | — | d=a | — | | |
| Назначение. Неответственные детали, требующие повышенной пластичности или глубокой вытяжки; малонагруженные элементы сварных конструкций, работающие при постоянных нагрузках и при положительных температурах. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | | – 80 | | |
| 176–196 | — | При σ _B = 323–412 Н/мм ² . | | 24–64 | 13–16 | 8 | 8 | — | — | Горячекатаное состояние. Пруток 140–150 мм. | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1280–750 | До 1000 | | На воздухе | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1300–750 | > 1000 | | В закрытой песочной яме | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Для толщин свыше 36 мм рекомендуются подогрев и последующая термообработка. Группа Б — свариваемость гарантируется по требованию заказчика. Группа В — свариваемость гарантируется. | | | | В горячекатаном состоянии при ≤ 137 НВ K _v = 2,0 (твердый сплав), K _v = 1,6 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпусковой хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|--------------------------------------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| Ст2пс | | Лист — ГОСТ 14637–89, ГОСТ 16523–97. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,09–0,15 | 0,05–0,15 | 0,25–0,50 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | ≤ 0,30 | 735 | 854 | 682 | 835 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ |
|---------------|---|-------|-------------------|------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|--------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 14637–89 | В горячекатаном состоянии | | | До 20 | 225 | 330–430 | 32 | — | — | d=1,5a | — |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 215 | 330–430 | 31 | — | — | d=2,5a | — |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 205 | 330–430 | 29 | — | — | d=2,5a | — |
| | | | | Свыше 100 до 160 | 195 | 330–430 | 29 | — | — | d=2,5a | — |
| ГОСТ 16523–97 | Горячекатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 300–480 | 21 | — | — | d=0 | — |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 300–480 | 23 | — | — | d=a | — |
| | Холоднокатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 300–480 | 24 | — | — | d=0 | — |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 300–480 | 26 | — | — | d=a | — |

Назначение. Неответственные детали, требующие повышенной пластичности или глубокой вытяжки, малонагруженные элементы сварных конструкций, работающие при постоянных нагрузках и при положительных температурах.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|--|---|-------|------|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| 176–206 | — | При σ _в = 330–430 Н/мм ² | 24–64 | 13–16 | 8 | 8 | — | — | — |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [4] | ПС | | | Образцы | 20 | 230 | 395 | 33 | 69 | 104 | — | — |
| | | | | | 100 | 210 | 370 | — | — | 126 | — | — |
| | | | | | 300 | 145 | — | — | — | 120 | — | — |
| | | | | | 400 | 125 | 350 | — | 71 | 89 | — | — |
| | | | | | 500 | 105 | 210 | — | 75 | 86 | — | — |
| | | | | | 600 | 55 | 140 | 42 | 87 | 80 | — | — |

Технологические характеристики [1]

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и ЭШ. При толщине свыше 36 мм рекомендуются подогрев и последующая термообработка. КТ — без ограничений. | В горячекатаном состоянии при ≤ 137 НВ K _v = 2,0 (твердый сплав), K _v = 1,6 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|-----------------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|--|
| Ст2сп | | Трубы — ГОСТ 8731–74. Лист — ГОСТ 14637–89, ГОСТ 16523–97. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,09–0,15 | 0,15–0,30 | 0,25–0,50 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | ≤ 0,30 | 735 | 854 | 682 | 835 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | | |
| ГОСТ 8731–74 | По НД | | | φ 20–820 s 2,5–36 | 216 | 343 | 24 | — | — | — | — | | | |
| ГОСТ 14637–89 | В горячекатаном состоянии | | | До 20 | 225 | 330–430 | 32 | — | — | d=1,5a | — | | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 215 | 330–430 | 31 | — | — | d=2,5a | — | | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 205 | 330–430 | 29 | — | — | d=2,5a | — | | | |
| | | | | Свыше 100 до 160 | 195 | 330–430 | 29 | — | — | d=2,5a | — | | | |
| ГОСТ 16523–97 | Горячекатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 300–480 | 21 | — | — | d=0 | — | | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 300–480 | 23 | — | — | d=a | — | | | |
| | Холоднокатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 300–480 | 24 | — | — | d=0 | — | | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 300–480 | 26 | — | — | d=a | — | | | |
| Назначение. Неответственные детали, требующие повышенной пластичности или глубокой вытяжки, малонагруженные элементы сварных конструкций, работающие при постоянных нагрузках и при положительных температурах. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1, 4] | | Состояние стали | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С [1, 4] | | | | | Состояние поставки | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | | – 80 | | | |
| 176–206 | — | При σ _b = 335–430 Н/мм ² | | 23–63 | 13–16 | 8 | 8 | — | — | Пруток горячекатаный φ 140–150 | | | | |
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее | |
| [4] | ПС | | | Образцы | 20 | 230 | 395 | 33 | 69 | 104 | — | — | | |
| | | | | | 100 | 210 | 370 | — | — | 126 | — | — | | |
| | | | | | 300 | 145 | — | — | — | 120 | — | — | | |
| | | | | | 400 | 125 | 350 | — | 71 | 89 | — | — | | |
| | | | | | 500 | 105 | 210 | — | 75 | 86 | — | — | | |
| | | | | | 600 | 55 | 140 | 42 | 87 | 80 | — | — | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1280–750 | До 1000 | | На воздухе | | — | | На воздухе | | | | | | |
| Заготовка | 1300–750 | > 1000 | | В закрытой песочной яме | | — | | На воздухе | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и ЭШ. При толщине более 36 мм рекомендуются подогрев и последующая термообработка. КТ — без ограничений | | | | В горячекатаном состоянии при ≤ 137 НВ K _v = 2,0 (твердый сплав), K _v = 1,6 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|-------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|--|
| СтЗкп | | Сортовой и фасонный прокат — ГОСТ 535–2005. Лист — ГОСТ 14637–89, ГОСТ 16523–97. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | As | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,14–0,22 | ≤ 0,05 | 0,30–0,60 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | 735 | 850 | 680 | 835 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | | |
| ГОСТ 535–2005 | В горячекатаном состоянии | | | До 10 | 235 | 360–460 | 27 | — | — | d=a | — | | | |
| | | | | Свыше 10 до 20 | 235 | 360–460 | 27 | — | — | d=a | — | | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 225 | 360–460 | 26 | — | — | d=2a | — | | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 215 | 360–460 | 24 | — | — | d=2a | — | | | |
| | | | | Свыше 100 | 185 | 360–460 | 24 | — | — | d=2a | — | | | |
| ГОСТ 14637–89 | В горячекатаном состоянии | | | До 20 | 235 | 360–460 | 27 | — | — | d=1,5a | — | | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 225 | 360–460 | 26 | — | — | d=2,5a | — | | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 215 | 360–460 | 24 | — | — | d=2,5a | — | | | |
| | | | | Свыше 100 до 160 | 195 | 360–460 | 24 | — | — | d=2,5a | — | | | |
| ГОСТ 16523–97 | Горячекатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 360–530 | 20 | — | — | d=a | — | | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 360–530 | 22 | — | — | d=2a | — | | | |
| | Холоднокатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 360–530 | 22 | — | — | d=a | — | | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 360–530 | 24 | — | — | d=2a | — | | | |
| Назначение. Для второстепенных и малонагруженных несущих элементов сварных и несварных конструкций, работающих при температуре от минус 40°С до плюс 400°С. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1, 4] | | Состояние стали | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 10 | – 20 | – 30 | | | | | | |
| 175 | — | При σ _в = 380 Н/мм ² | | 91–102 | 61–87 | 12–70 | 13–54 | 6–10 | Лист толщиной 10–12 мм | | | | | |
| | | | | 41–143 | 15–72 | 9–16 | 8–12 | — | Лист толщиной 16–20 мм | | | | | |
| | | | | 31–117 | — | 6–13 | 6–13 | 7–9 | Лист толщиной 30–32 мм | | | | | |
| | | | | 65–152 | 85–114 | 85–116 | 14–64 | — | Фасонный прокат толщиной ≤ 12 мм | | | | | |
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее | |
| [4] | Лист в состоянии поставки (образцы поперечные) | | | 12 | 20 | 205 | 385 | 37 | 60 | 104 | — | — | | |
| | | | | | 100 | 190 | 370 | 27 | 59 | 126 | — | — | | |
| | | | | | 200 | 175 | 430 | 21 | 51 | 120 | — | — | | |
| | | | | | 300 | 160 | 450 | 23 | 49 | 89 | — | — | | |
| | | | | | 400 | 150 | 395 | 35 | 62 | 86 | — | — | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1280–750 | До 1000 | | На воздухе | | — | | На воздухе | | | | | | |
| Заготовка | 1300–750 | Более 1000 | | В закрытой песочной яме | | — | | На воздухе | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Для толщин свыше 36 мм рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | | | В горячекатаном состоянии при 124 НВ и σ _в = 410 Н/мм ² K _v = 1,8 (твердый сплав), K _v = 1,6 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|---|-------------------|------------------|--------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|---------|-----------------------------------|---|---|-----------------|-----|----|
| СтЗпс | | Сортовой и фасонный прокат — ГОСТ 535–2005. Поковки — ГОСТ 8479–70. Трубы — ГОСТ 10706–76. Лист — ГОСТ 14637–89, ГОСТ 16523–97. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | As | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| 0,14–0,22 | 0,05–0,15 | 0,40–0,65 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | 735 | 850 | 680 | 835 | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | KCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 535–2005 | В горячекатаном состоянии | | | До 10 | 20 | 245 | 370–480 | 26 | — | — | — | d=a | — | | |
| | | | | Свыше 10 до 20 | 20 | 245 | 370–480 | 26 | — | — | — | d=a | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 20 | 235 | 370–480 | 25 | — | — | — | d=2a | — | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 20 | 225 | 370–480 | 23 | — | — | — | d=2a | — | | |
| | | | | 3,0–9,9 | 20 | — | — | — | — | 108 | 49 | — | — | | |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | 49 | — | — | — | | |
| | | | | 10–25 | 20 | — | — | — | — | 98 | 29 | — | — | | |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| 26–40 | 20 | — | — | — | — | 88 | — | — | — | | | | | | |
| Для обеспечения требуемых свойств может применяться термообработка. | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | НВ | КП | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Нормализация | | | ПС | | | не менее | | | | | | 101–143 | 175 | |
| | | | | | | | До 100 | 20 | 175 | 355 | 28 | 55 | | | 64 |
| | | | | | | | От 100 до 300 | 20 | 195 | 390 | 26 | 55 | | | 59 |
| Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы. | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | НВ | Категория | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 10706–76 | В горячекатаном состоянии | | | Основной металл | 20 | 245 | 372 | 20 | — | — | — | 1–5 | | | |
| | | | | От 5 до 9 | 20 | — | — | — | — | 59 | — | 3 | | | |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | 20 | — | 4 | | | |
| | | | | Свыше 9 до 25 | 20 | — | — | — | — | 49 | — | 3 | | | |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | 15 | — | 4 | | | |
| Свыше 25 | 20 | — | — | — | — | 29 | — | 3 | | | | | | | |
| Временное сопротивление сварного соединения должно быть не ниже временного сопротивления основного металла, установленного для труб из данной марки стали. | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | KCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 14637–89 | Лист в горячекатаном состоянии | | | До 20 | 20 | 245 | 370–480 | 26 | — | — | — | — | d=1,5a | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 20 | 235 | 370–480 | 25 | — | — | — | — | d=2,5a | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 20 | 225 | 370–480 | 23 | — | — | — | — | d=2,5a | | |
| | | | | Свыше 100 до 160 | 20 | 205 | 370–480 | 23 | — | — | — | — | d=2,5a | | |

| Ст3пс | | | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|---------------|--------------------------------|-------|-------------------|-----------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|---|-------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | ККУ, Дж/см ² | КCV, Дж/см ² | ККУ, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 14637–89 | Лист в горячекатаном состоянии | | | От 5 до 9 | 20 | — | — | — | — | 78 | 34 | 39 | — |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | 39 | — | — | — |
| | | | | От 10 до 20 | 20 | — | — | — | — | 69 | 34 | 29 | — |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | 29 | — | — | — |
| | | | | От 21 до 25 | 20 | — | — | — | — | 69 | — | — | — |
| | –20 | — | — | | — | — | 29 | — | — | 29 | | | |
| | Упрочненный прокат | До 20 | 20 | 295 | 430 | 16 | — | — | — | 29 | — | d=4a | |
| | | | | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | |
| | | | 20 | 295 | 430 | 16 | — | — | — | — | 29 | d=5a | |
| | | | | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | |

Нормы ударной вязкости ККУ проката категории 3–5, КCV проката категории 5.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | ККУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ |
|---------------|---|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 16523–97 | Горячекатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | 20 | — | 370–530 | 20 | — | — | d=a | — |
| | | | | Свыше 2,0 | 20 | — | 370–530 | 22 | — | — | d=2a | — |
| | Холоднокатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | 20 | — | 370–530 | 22 | — | — | d=a | — |
| | | | | Свыше 2,0 | 20 | — | 370–530 | 24 | — | — | d=2a | — |

Назначение. Прокат категорий 2 и 3 — несущие и ненесущие элементы сварных и несварных конструкций и деталей, работающие при положительных температурах; категории 4 — несущие элементы сварных конструкций, работающие при переменных нагрузках в области температур от минус 20°C при условии заказа и поставки с гарантируемой свариваемостью. Прокат категории 5 толщиной до 10 мм — несущие элементы сварных конструкций, работающие при переменных нагрузках в температурном интервале от минус 40 до плюс 425°C; толщиной от 10 до 25 мм — несущие элементы, работающие при переменных нагрузках в области положительных температур, а также несущие элементы сварных конструкций, работающие при температуре от минус 40 до плюс 425°C, при условии поставки с гарантируемой свариваемостью.

Листы — для электросварных труб, работающих при температуре до 300°C и давлении до 1,6 Н/мм². Детали котлов и трубопроводов, выполненные из листа толщиной до 12 мм, предназначенные для эксплуатации при температуре до 200°C и давлении до 1,6 Н/мм².

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | Ударная вязкость, ККУ, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | Примечание |
|--|-------------|-----------------|---|---|--------|-------|------|-----------------------------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | |
| 191 | — | 10 ⁷ | Лист толщиной 40 мм в горячекатаном состоянии; $\sigma_b = 440$ Н/мм ² | 56–129 | 13–130 | 7–114 | 8–58 | Лист толщиной 12–30 мм |
| 213 | — | 10 ⁷ | | 73–200 | 81–240 | — | — | Фасонный прокат толщиной до 16 мм |

| НД | | Ударная вязкость, ККУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------|---|-------|--------------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|--|
| ГОСТ 380–2005 | | не менее | | | | | | | | |
| + 20 | 78 | 68 | 49 | 98 | 78 | 69 | 108 | 98 | 88 | |
| – 20 | 39 | 29 | — | 49 | 29 | — | 49 | 29 | — | |
| После механического старения | 39 | 29 | — | 49 | 29 | — | 49 | 29 | — | |
| Сечение, мм | 5–9 | 10–25 | 26–40 | 5–9 | 10–25 | 26–40 | 5–9 | 10–25 | 26–40 | |
| Вид проката | Лист | | | Широкая полоса | | | Сортовой и фасонный прокат | | | |
| Направление вырезки образца | Образцы поперечные | | | Образцы продольные | | | Образцы продольные | | | |

| Технологические характеристики [1] | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1280–750 | До 1000 | На воздухе | — | На воздухе |
| Заготовка | 1300–750 | > 1000 | В закрытой песочной яме | — | На воздухе |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Для толщин свыше 36 мм рекомендуются подогрев и последующая термообработка | В горячекатаном состоянии при 124 НВ и $\sigma_b = 410$ Н/мм ² $K_v = 1,8$ (твердый сплав), $K_v = 1,6$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|---|---------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| СтЗсп | | Сортовой и фасонный прокат — ГОСТ 535–2005. Поковки — ГОСТ 8479–70. Трубы — ГОСТ 10706–76. Лист — ГОСТ 10706–76, ГОСТ 14637–89, ГОСТ 16523–97, ТУ 14–1–5032–91, ТУ 302.02.988–92. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | As | N | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,14–0,22 | 0,15–0,30 | 0,40–0,65 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | ГОСТ 380–2005 | 735 | 850 | 680 | 835 |
| 0,14–0,22 | 0,15–0,30 | 0,40–0,65 | ≤ 0,045 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,008 | ТУ 302.02.988–92 | | | | |

| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------|-------|-------------------|-----------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---|-------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 535–2005 | В горячекатаном состоянии | | | До 10 | 20 | 255 | 380–490 | 26 | — | — | — | d=a | — |
| | | | | Свыше 10 до 20 | 20 | 245 | 370–480 | 26 | — | — | — | d=a | — |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 20 | 235 | 370–480 | 25 | — | — | — | d=2a | — |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 20 | 225 | 370–480 | 23 | — | — | — | d=2a | — |
| | | | | Свыше 100 | 20 | 205 | 370–480 | 23 | — | — | — | d=2a | — |
| | | | | 3,0–9,9 | 20 | — | — | — | — | 108* | 49* | — | — |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | 49* | — | — | — |
| | | | | От 10 до 25 | 20 | — | — | — | — | 98 | 29 | — | — |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | 29 | — | — | — |
| | | | | От 26 до 40 | 20 | — | — | — | — | 88 | — | — | — |
| –20 | — | — | — | | — | — | — | — | — | | | | |

* ГОСТ 9454–78, тип 3.

II и III группы по назначению (Примечание 3 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

Для обеспечения требуемых свойств может применяться термообработка.

Нормируемые характеристики проката по категориям

| Нормируемая характеристика | Категория | | | | |
|------------------------------|-----------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Химический состав | – | + | + | + | + |
| Временное сопротивление | + | + | + | + | + |
| Предел текучести | + | + | + | + | + |
| Относительное удлинение | + | + | + | + | + |
| Изгиб в холодном состоянии | + | + | + | + | + |
| Ударная вязкость: | | | | | |
| при температуре + 20°С | – | – | + | – | – |
| при температуре – 20°С | – | – | – | + | + |
| после механического старения | – | – | – | – | + |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
|--------------|----------------------|-------|-------------------|------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---------|-----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Нормализация | | | До 100 | 20 | 175 | 355 | 28 | 55 | 64 | 101–143 | 175 |
| | | | | | | 195 | 390 | 26 | 55 | 59 | 111–156 | 195 |
| | | | | Свыше 100 до 300 | 20 | 175 | 355 | 24 | 50 | 59 | 101–143 | 175 |
| | | | | | | 195 | 390 | 23 | 50 | 54 | 111–156 | 195 |

Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы.

IV и V группы поковок с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| Ст3сп | | Механические свойства | | | | | | | | | | |
|---------------|--|-----------------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------|-------------------------|---|-----------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | Категория |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 10706–76 | Лист в горячекатаном состоянии | Основной металл | | 20 | 20 | 245 | 372 | 20 | — | — | — | 1–5 |
| | | | | От 5 до 9 | 20 | — | — | — | — | 59 | — | 3 |
| | | Свыше 9 до 25 | 20 | — | — | — | — | 49 | — | 3 | | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 20 | — | 4 | | |
| | | Свыше 25 | 20 | — | — | — | — | 29 | — | 3 | | |
| | Термически обработанные трубы для тепловых сетей | Основной металл труб | 20 | 20 | 245 | 372 | 23 | — | — | — | 4 | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 30 ¹ | — | 4 | | |
| | | | 20 | 20 | 245 | 372 | 23 | — | — | 30 | 5 | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 30 ¹ | — | 5 | | |

¹ Нормы ударной вязкости сварного соединения труб для тепловых сетей при температуре минус 20°C должны быть не ниже норм основного металла.

Временное сопротивление сварного соединения должно быть не ниже временного сопротивления основного металла, установленного для труб данной марки стали.

Для трубопроводов группы С (Примечание 10 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб |
|---------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|----------------|---------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|--------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 14637–89 | Лист в горячекатаном состоянии | До 20 | | 20 | 20 | 245 | 370–480 | 26 | — | — | — | d=1,5а |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 20 | 235 | 370–480 | 25 | — | — | — | d=2,5а |
| | | Свыше 40 до 100 | 20 | 225 | 370–480 | 23 | — | — | — | d=2,5а | | |
| | | | Свыше 100 до 160 | 20 | 205 | 370–480 | 23 | — | — | — | d=2,5а | |
| | | От 5 до 9 | 20 | — | — | — | — | 78 | 34 | 39 | — | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | |
| | | От 10 до 20 | 20 | — | — | — | — | 69 | 34 | 29 | — | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | |
| | От 21 до 25 | 20 | — | — | — | — | 69 | — | — | — | | |
| | | –20 | — | — | — | — | 29 | — | 29 | — | | |
| | От 26 до 40 | 20 | — | — | — | — | 49 | — | — | — | | |
| | Упрочненный прокат | До 20 | 20 | 20 | 295 | 430 | 16 | — | — | — | 29 | d=4а |
| | | | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | |
| 21–40 | | 20 | 20 | 295 | 430 | 16 | — | — | — | 29 | d=5а | |
| | | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | | |

Примечания.

1. Для проката категорий 1 и 2 ударная вязкость не нормируется.

2. Нормы ударной вязкости КСУ проката категории 3–5, КСВ проката категории 5.

С обязательным выполнением п. 4.8 (Примечание 1 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| СтЗсп | | Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-------------------|----------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|----------------|-------------------------|---|---------------------|--------|---|
| Категории проката в зависимости от нормируемых характеристик | | | | | | | | | | | | | | |
| Нормируемая характеристика | | Категория | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | |
| Химический состав | | - | | | | | | + | | | | | | |
| Механические свойства при растяжении и изгиб до параллельности сторон | | + | | | | | | + | | | | | | |
| Ударная вязкость КСУ: | | | | | | | | | | | | | | |
| при температуре + 20°C | | - | | | | | | - | | | | | | |
| при температуре - 20°C | | - | | | | | | + | | | | | | |
| при температуре - 40°C | | - | | | | | | - | | | | | | |
| после механического старения | | - | | | | | | + | | | | | | |
| Ударная вязкость KCV при температуре: | | | | | | | | | | | | | | |
| 0°C | | - | | | | | | - | | | | | | |
| + 20°C | | - | | | | | | + | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 16523-97 | Горячекатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | 20 | — | 370-530 | 20 | — | — | d=a | — | | |
| | | | | Свыше 2,0 | 20 | — | 370-530 | 22 | — | — | d=2a | — | | |
| | Холоднокатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | 20 | — | 370-530 | 22 | — | — | d=a | — | | |
| | | | | Свыше 2,0 | 20 | — | 370-530 | 24 | — | — | d=2a | — | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| не менее | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700-75 | Углеродистые стали обыкновенного качества по ГОСТ 380-2005, поставляемые с контролем ударной вязкости после механического старения, для изделий класса точности А с предельными параметрами указанными в назначении стали. | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | δ_p , % | КСУ, Дж/см ² | КCV, Дж/см ² | T _к , °C | Изгиб | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-5032-91 | Лист в термически обработанном состоянии (нормализация) | | | До 20 | 20 | 245 | 370-480 | 26 | — | — | — | — | d=1,5a | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 20 | 235 | 370-480 | 25 | — | — | — | — | d=2,5a | |
| | | | | Свыше 40 до 50 | 20 | 225 | 370-480 | 23 | 10 | — | 24,5 | ≤ 30 | d=2,5a | |
| | | | | От 5 до 9 | 20 | — | — | — | — | 78 | — | — | — | |
| | | | | | -20 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | |
| | | | | От 10 до 25 | 20 | — | — | — | — | 69 | — | — | — | |
| | | | | | -20 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | |
| | | | | От 26 до 40 | 20 | — | — | — | — | 49 | — | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 302.02.988-92 | Горячекатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 20 | 20 | 260 | 412-530 | 27 | — | 69 | 29 | d=1,5a | — | |
| | | | | | -20 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | |
| | | | | 21-40 | 20 | 250 | 412-530 | 26 | — | 49 | — | — | d=2,5a | — |
| | | | | | 20 | 240 | | 24 | — | — | — | d=2,5a | — | |
| | | | | 61-100 | 20 | 235 | 402-520 | 23 | — | — | — | — | d=2,5a | — |
| | | | | 101-160 | 20 | 226 | | 23 | — | — | — | — | d=2,5a | — |

| |
|--------------|
| Ст3сп |
|--------------|

Назначение. Диски и хвостовики сварных роторов, ободья диафрагм и направляющих аппаратов, корпуса конденсаторов турбин, трубные доски и водяные камеры турбин. Закладные и опорные части, трубопроводы низкого давления, корпуса деаэрационных баков для стационарных АЭС, защитные коробки лазовых затворов, деаэрационные колонки, баки аварийного запаса воды, сварные корпуса редукторов и приводов, металлоконструкции для оснастки теплоизоляции перегородки, фильтры теплообменников, опоры и другие неответственные детали шахтного объема.

В цементованном состоянии — малонагруженные детали, работающие на истирание.

Листы по ГОСТ 14637–89 категории 2, 3 и 6 – несущие элементы сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах. Лист категории 5 – несущие элементы сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках: толщиной до 25 мм – в интервале температур от минус 40°C до плюс 425°C; при толщине свыше 25 мм — в интервале температур от минус 20°C до плюс 425°C, при условии поставки с гарантируемой свариваемостью.

Листы для электросварных труб, работающих при температуре до 300°C и давлении до 1,6 Н/мм². Детали котлов и трубопроводов, выполненные из листа толщиной до 12 мм, и кованые детали, предназначенные для эксплуатации при температуре до 200°C и давлении до 1,6 Н/мм².

Из стали марки Ст3сп3 изготавливаются шайбы с температурой среды до 350°C и условным давлением P_y до 10,0 Н/мм², а из стали марки Ст3сп5 также изготавливаются шайбы с такими же предельными параметрами; болты, шпильки, пробки и хомуты с температурой среды до 350°C и условным давлением P_y 1,6 Н/мм²; гайки с температурой среды до 350°C, условным давлением P_y 2,5 Н/мм².

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°C (ПНАЭГ–7–008–89).

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1, 7] | | | | | Примечание |
|--|---|-----------------|---|--|-------------|-------|-------|-------|--------------------------------|
| | | | | σ_{-1} | τ_{-1} | N | + 20 | 0 | |
| 195 ¹ | — | 10 ⁷ | Лист толщиной 40 мм в горячекатаном состоянии | 41–208 | 40–71 | 31–68 | 9–63 | 11–28 | Лист толщиной 10–32 мм |
| 95 ² | — | 10 ⁷ | | 86–206 | 71–89 | 50–79 | 43–53 | 14–28 | |
| Образцы диаметром 10 мм: ¹ гладкие, ² с надрезом | | | | 86–206 | 71–89 | 50–79 | 43–53 | 14–28 | Фасонный прокат толщиной 12 мм |

| НД | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | | | |
|------------------------------|---|-------|-------|--------------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|
| ГОСТ 380–2005 | не менее | | | | | | | | |
| + 20 | 78 | 68 | 49 | 98 | 78 | 68 | 108 | 98 | 88 |
| - 20 | 39 | 29 | — | 49 | 29 | — | 49 | 29 | — |
| После механического старения | 39 | 29 | — | 49 | 29 | — | 49 | 29 | — |
| Сечение, мм | 5–9 | 10–25 | 26–40 | 5–9 | 10–25 | 26–40 | 5–9 | 10–25 | 26–40 |
| Вид проката | Лист | | | Широкая полоса | | | Сортовой и фасонный прокат | | |
| Направление вырезки образца | Образцы поперечные | | | Образцы продольные | | | Образцы продольные | | |

Механические свойства проката

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 380–2005 | Прокат горячекатаный | | | До 20 | 245 | 370–480 | 26 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 235 | | 25 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 225 | | 23 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 100 | 205 | | 23 | — | — | — | — |

| СтЗсп | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------------------|------------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [4] | Горячекатаная заготовка | | | 140 × 120 | 20 | 220 | 445 | 33 | 59 | 154 | — | — |
| | | | | | 300 | 205 | — | — | — | 199 | — | — |
| | | | | | 500 | 180 | 285 | 34 | 80 | 119 | — | — |
| | Лист фасонный прокат в горячекатаном состоянии | | | до 30 | 20 | 205–340 | 420–520 | 28–37 | 56–68 | — | — | — |
| | | | | | 200 | 215–285 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | 300 | 205–265 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | 400 | 155–255 | 275–490 | 34–43 | 60–73 | — | — | — |
| | | | | | 500 | 125–175 | 215–390 | 36–43 | 60–73 | — | — | — |
| | Образец кованный и нормализованный Скорость деформирования 16 мм/мин Скорость деформации 0,009 1/с | | | $l = 30$, $\phi 6$ | 700 | 73 | 100 | 57 | 96 | — | — | — |
| | | | | | 800 | 51 | 63 | 95 | 95 | — | — | — |
| | | | | | 900 | 38 | 65 | 84 | 100 | — | — | — |
| | | | | | 1000 | 25 | 43 | 79 | 100 | — | — | — |
| 1100 | | | | | 19 | 31 | 80 | 100 | — | — | — | |
| 1200 | | | | | 14 | 25 | 84 | 100 | — | — | — | |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1280–750 | До 1000 | На воздухе | — | На воздухе |
| Заготовка | 1300–750 | | > 1000 | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Для толщин свыше 36 мм рекомендуются подогрев и последующая термообработка | В горячекатаном состоянии при 124 HB, $\sigma_{в} = 410$ Н/мм ² $K_v = 1,8$ (твердый сплав), $K_v = 1,6$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|-------------------|-------------|---------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|---------|-----------------------------------|---|-----------------|-----------------|
| СтЗГпс | | Лист — ГОСТ 14637–89. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | As | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,14–0,22 | ≤ 0,15 | 0,80–1,10 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | — | — | — | — |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV, после механического старения, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 380–2005 | Лист Образцы поперечные | 5–9 | 20 | — | — | — | — | 78 | 39 | — | — | | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | | |
| | | 10–30 | 20 | — | — | — | — | 69 | 29 | — | — | | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| | | 31–40 | 20 | — | — | — | — | 49 | — | — | — | | |
| | | | не менее | | | | | | | | | | — |
| | | Прокат универсальный Образцы продольные | 5–9 | 20 | — | — | — | — | 98 | 49 | — | — | |
| | | | | –20 | — | — | — | — | 49 | — | — | — | |
| | 10–30 | | 20 | — | — | — | — | 78 | 29 | — | — | | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| | 31–40 | | 20 | — | — | — | — | 69 | — | — | — | | |
| | | | не менее | | | | | | | | | | — |
| | Прокат сортовой и фасонный Образцы продольные | 5–9 | 20 | — | — | — | — | 108 | 49 | — | — | | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 49 | — | — | — | | |
| | | 10–30 | 20 | — | — | — | — | 98 | 29 | — | — | | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| 31–40 | | 20 | — | — | — | — | 88 | — | — | — | | | |
| | | не менее | | | | | | | | | | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | Изгиб | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 14637–89 | Лист в горячекатаном состоянии | До 20 | 20 | 245 | 370–490 | 26 | — | — | — | d=1,5a | — | | |
| | | Свыше 20 до 40 | 20 | 235 | 370–490 | 25 | — | — | — | d=2,5a | — | | |
| | | Свыше 40 до 100 | 20 | 225 | 370–490 | 23 | — | — | — | d=2,5a | — | | |
| | | Свыше 100 до 160 | 20 | 205 | 370–490 | 23 | — | — | — | d=2,5a | — | | |
| | | От 5 до 9 | 20 | — | — | — | — | 78 | 34 | — | — | | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | | |
| | | От 10 до 20 | 20 | — | — | — | — | 69 | 34 | — | — | | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| | | От 21 до 30 | 20 | — | — | — | — | 69 | — | — | — | | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| | | От 31 до 40 | 20 | — | — | — | — | 49 | — | — | — | | |

| СтЗГпс | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------------|--------------------|--|---|--------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|-----------------------------------|-------------------------|----|
| <p>Назначение. Листовой прокат толщиной от 10 до 36 мм — для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках и температурах от минус 40°C до плюс 425°C; толщиной свыше 30 мм — для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках и температурах от минус 20°C до плюс 425°C, и для несущих элементов сварных конструкций, работающих при температурах от минус 40°C до плюс 425°C, при условии заказа и поставки с гарантируемой свариваемостью.</p> | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [I] | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [I] | | | | | Примечание | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | | | |
| 185 ¹ | — | 10 ⁷ | Горячекатаный лист толщиной 40 мм. | 91–199 | 55–132 | 35–128 | — | 26–113 | Лист толщиной 12–20 мм | | |
| 105 ² | — | 10 ⁷ | | 89–135 | 57–100 | 24–98 | — | 16–70 | Лист толщиной 30 мм | | |
| Образцы диаметром 10 мм: | | | | 165–183 | 96–105 | 95–105 | 21–47 | 10–37 | Лист толщиной 40 мм | | |
| ¹ гладкие | | | | 133–177 | 73–133 | 18–86 | 20–57 | 7–31 | Лист толщиной 50 мм | | |
| ² с надрезом | | | | 118–224 | 79–208 | 33–149 | — | 17–135 | Фасонный прокат толщиной 10–20 мм | | |
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Лист горячекатаный | | | 12–50 | 20 | 225–390 | 410–570 | 26–39 | 58–68 | — | — |
| | ----- | | | | 200 | 215–390 | — | — | — | — | — |
| | ----- | | | | 300 | 215–360 | — | — | — | — | — |
| | ----- | | | | 400 | 195–265 | — | — | — | — | — |
| | ----- | | | | 500 | 175–245 | 300–400 | — | — | — | — |
| | Лист горячекатаный деформированный | | | 20 | 20 | 370 | 510 | 22 | 78 | 120 | — |
| | ----- | | | | 200 | 320 | 470 | 22 | 63 | 127 | — |
| | ----- | | | | 300 | 320 | 510 | 18 | 58 | 129 | — |
| | ----- | | | | 400 | 275 | 440 | 22 | 65 | 116 | — |
| | ----- | | | | 500 | 245 | 340 | 25 | 78 | 98 | — |
| ----- | | | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | |
| Технологические характеристики [I] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1250–800 | До 1000 | На воздухе | | — | На воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1250–800 | | > 1000 | | | В закрытой песочной яме | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Для толщин свыше 36 мм рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | | При 124 НВ и $\sigma_b = 400$ Н/мм ² $K_v = 1,8$ (твердый сплав), $K_v = 1,6$ (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|---|-------------------|-------------|---------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|--------|-----------------------------------|-------------------------|---|-----------------|
| СтЗГсп | | Лист — ГОСТ 14637–89. Поковки — ГОСТ 8479–70. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,14–0,20 | 0,15–0,30 | 0,80–1,10 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | ≤ 0,30 | — | — | — | — |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Нормализация | ПС | | До 100 | 20 | 195 | 390 | 26 | 55 | 59 | — | 111–156 | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | KCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 14637–89 | Лист в горячекатаном состоянии | До 20 | 20 | 255 | 390–570 | 23 | — | — | — | — | — | — | d=1,5a |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | 5–9 | 20 | — | — | — | — | 78 | 34 | 39 | — | | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | | |
| | | 10–20 | 20 | — | — | — | — | 69 | 34 | 29 | — | | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| | | 21–30 | 20 | — | — | — | — | 69 | — | 29 | — | | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| | | 31–40 | 20 | — | — | — | — | 49 | — | 29 | — | | |
| | | | –20 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |

Назначение. Листовой прокат толщиной от 10 до 36 мм — для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках и температурах от минус 40°С до плюс 425°С; толщиной свыше 30 мм — для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках и температурах от минус 20°С до плюс 425°С, и для ненесущих элементов сварных конструкций, работающих при температурах от минус 40°С до плюс 425°С, при условии заказа и поставки с гарантируемой свариваемостью.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка |
|---|-----------------|-----------------|---|---|---|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | |
| 181 ¹ | — | 10 ⁷ | Лист толщиной 40 мм в горячекатаном состоянии | — | — | — | — | — | — |
| 104 ² | — | 10 ⁷ | | | | | | | |
| Образцы диаметром 10 мм: ¹ гладкие ² с надрезом | | | | — | — | — | — | — | — |

| Технологические характеристики [1] | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1250–800 | До 1000 | На воздухе | — | На воздухе |
| Заготовка | 1250–800 | > 1000 | В закрытой песочной яме | — | На воздухе |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Для толщин свыше 36 мм рекомендуются подогрев и последующая термообработка | В горячекатаном состоянии при 124 HB и σ _b = 410 Н/мм ² K _v = 1,8 (твердый сплав), K _v = 1,6 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|-----------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|---------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| Ст4кп | | Сортовой и фасонный прокат — ГОСТ 535–2005. Лист — ГОСТ 16523–97. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | As | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,18–0,27 | ≤ 0,05 | 0,40–0,70 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | 735 | 840 | 680 | 825 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | |
| ГОСТ 535–2005 | В горячекатаном состоянии | | | До 10 | 255 | 400–510 | 25 | — | — | d=2a | — | | |
| | | | | Свыше 10 до 20 | 255 | 400–510 | 25 | — | — | d=2a | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 245 | 400–510 | 24 | — | — | d=3a | — | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 235 | 400–510 | 22 | — | — | d=3a | — | | |
| | | | | Свыше 100 | 225 | 400–510 | 22 | — | — | d=3a | — | | |
| ГОСТ 16523–97 | Горячекатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 400–680 | 17 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 400–680 | 19 | — | — | — | — | | |
| | Холоднокатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 400–680 | 19 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 400–680 | 21 | — | — | — | — | | |
| Назначение. Сварные, клепаные и болтовые конструкции повышенной прочности в виде сортового, фасонного и листового проката, а также малонагруженные детали. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Состояние поставки | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | |
| 196–225 | — | При σ _в = 400–510 Н/мм ² | | 64–98 | — | 6–84 | 5–47 | — | — | Лист горячекатаный | | | |
| | | | | 65–138 | — | 6–97 | 5–28 | — | — | Лист после закалки 680–700°С | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1200–850 | — | | — | | | — | | — | | | | |
| Заготовка | — | — | | — | | | — | | — | | | | |
| Свариваемость | | | | Обработываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | | В горячекатаном состоянии при 152 НВ K _v = 1,7 (твердый сплав), K _v = 1,7 (быстрорежущая сталь) | | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|--|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|---------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| Ст4пс | | Сортовой и фасонный прокат — ГОСТ 535–2005. Лист — ГОСТ 14637–89, ГОСТ 16523–97. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | As | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,18–0,27 | 0,05–0,15 | 0,40–0,70 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | 735 | 840 | 680 | 825 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 380–2005 | Лист горячекатаный | | | До 10 | 265 | 410–530 | 24 | — | — | — | — | не менее или в пределах | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 255 | 410–530 | 23 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 245 | 410–530 | 21 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 100 | 235 | 410–530 | 21 | — | — | — | — | | |
| | Лист Образцы поперечные | | | 5–9 | — | — | — | — | 69 | — | — | | |
| | | | | 10–25 | — | — | — | — | 59 | — | — | | |
| | | | | 26–40 | — | — | — | — | 39 | — | — | | |
| | Прокат сортовой и фасонный | | | 5–9 | — | — | — | — | 98 | — | — | | |
| | | | | 10–25 | — | — | — | — | 88 | — | — | | |
| | | | | 26–40 | — | — | — | — | 69 | — | — | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | Изгиб | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 535–2005 | В горячекатаном состоянии | | | До 10 | 265 | 410–530 | 24 | — | — | d=2a | — | | |
| | | | | Свыше 10 до 20 | 265 | 410–530 | 24 | — | — | d=2a | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 255 | 410–530 | 23 | — | — | d=3a | — | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 245 | 410–530 | 21 | — | — | d=3a | — | | |
| | | | | Свыше 100 | 235 | 410–530 | 21 | — | — | d=3a | — | | |
| | | | | 3,0–9,9 | — | — | — | — | 98 | — | — | | |
| | 10–25 | — | — | — | — | 88 | — | — | | | | | |
| 26–40 | — | — | — | — | 69 | — | — | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Изгиб | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 14637–89 | Лист в горячекатаном состоянии | | | До 20 | 265 | 410–530 | 24 | — | — | d=2,5a | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 255 | 410–530 | 23 | — | — | d=3,5a | — | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 245 | 410–530 | 21 | — | — | d=3,5a | — | | |
| | | | | Свыше 100 | 235 | 410–530 | 21 | — | — | d=3,5a | — | | |
| | | | | От 5 до 9 | — | — | — | — | 78 | — | — | | |
| | От 10 до 25 | — | — | — | — | 59 | — | — | | | | | |
| | От 26 до 40 | — | — | — | — | 39 | — | — | | | | | |

| Ст4пс | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------------|---|---|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 16523-97 | Горячекатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 400-680 | 17 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 400-680 | 19 | — | — | — | — |
| | Холоднокатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 400-680 | 19 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 400-680 | 21 | — | — | — | — |

Назначение. Сварные, клепаные и болтовые конструкции повышенной прочности в виде сортового, фасонного и листового проката, а также малонагруженные детали типа валов, осей, втулок и др.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | Термообработка | |
|--|-------------|--|---|---|------|------|------|----------------|------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | | - 80 |
| 196-235 | — | При $\sigma_b = 410-530$ Н/мм ² | — | — | — | — | — | — | — |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | ПС | | | Образцы | 20 | 240 | 390 | 33 | 70 | 108 | — |
| 100 | | | | | 215 | 370 | 22 | — | 127 | — | |
| 300 | | | | | 145 | — | — | — | 118 | — | |
| 400 | | | | | 125 | 350 | 32 | 71 | 83 | — | |
| 500 | | | | | 110 | 205 | 30 | 75 | 68 | — | |
| 600 | | | | | 59 | 135 | 43 | 86 | 78 | — | |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1280-800 | До 200 | На воздухе | 150 | На воздухе |
| Заготовка | 1280-800 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | В горячекатаном состоянии при 152 НВ $K_v = 1,7$ (твердый сплав), $K_v = 1,7$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|--|-------------------|------------------|---|------------------------------------|--------|---------|-------------------------|---|-----------------|-------------------------|-------------------------|--|
| Ст4сп | | Сортовой и фасонный прокат — ГОСТ 535–2005. Лист — ГОСТ 14637–89, ГОСТ 16523–97. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С [4] | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | As | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,18–0,27 | 0,15–0,30 | 0,40–0,70 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | 735 | 840 | 680 | 825 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | | |
| ГОСТ 535–2005 | В горячекатаном состоянии | | | До 10 | 265 | 410–530 | 24 | — | — | d=2a | — | | | |
| | | | | Свыше 10 до 20 | 265 | 410–530 | 24 | — | — | d=2a | — | | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 255 | 410–530 | 23 | — | — | d=3a | — | | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 245 | 410–530 | 21 | — | — | d=3a | — | | | |
| | | | | Свыше 100 | 235 | 410–530 | 21 | — | — | d=3a | — | | | |
| | | | | 3,0–4,9 | — | — | — | — | — | 98 | — | — | | |
| | 5,0–9,9 | — | — | — | — | — | 98 | — | — | | | | | |
| 10–25 | — | — | — | — | — | 88 | — | — | | | | | | |
| 26–40 | — | — | — | — | — | 69 | — | — | | | | | | |
| Испытание на ударный изгиб проводят по ГОСТ 9454–78 на 2-х образцах от прутка, мотка, полосы или штанги для каждой температуры. | | | | | | | | | | | | | | |
| При толщине проката 10 мм и более применяют образцы типа 1; от 5,0 до 9,9 мм — образцы типа 3; от 3,0 до 4,9 мм — образцы с шириной, равной толщине проката, высота образца и глубина концентратора должны соответствовать установленным для образца типа 3. | | | | | | | | | | | | | | |
| Для обеспечения требуемых свойств может применяться термообработка. | | | | | | | | | | | | | | |
| Нормируемые характеристики проката по категориям | | | | | | | | | | | | | | |
| Нормируемая характеристика | | | | | Категория | | | | | | | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| Химический состав | | | | | — | + | + | + | + | + | | | | |
| Временное сопротивление | | | | | + | + | + | + | + | + | | | | |
| Предел текучести | | | | | + | + | + | + | + | + | | | | |
| Относительное удлинение | | | | | + | + | + | + | + | + | | | | |
| Изгиб в холодном состоянии | | | | | + | + | + | + | + | + | | | | |
| Ударная вязкость: | | | | | | | | | | | | | | |
| при температуре + 20°С | | | | | — | — | + | — | — | — | | | | |
| при температуре – 20°С | | | | | — | — | — | — | + | — | | | | |
| после механического старения | | | | | — | — | — | — | — | + | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _т , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее или в пределах | |
| ГОСТ 14637–89 | В горячекатаном состоянии | | | До 20 | 265 | 410–530 | 24 | — | — | — | d=2,5a | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 255 | 410–530 | 23 | — | — | — | d=3,5a | — | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 245 | 410–530 | 21 | — | — | — | d=3,5a | — | | |
| | | | | Свыше 100 до 160 | 235 | 410–530 | 21 | — | — | — | d=3,5a | — | | |
| | | | | От 5 до 9 | — | — | — | — | — | 78 | — | — | | |
| | | | | От 10 до 25 | — | — | — | — | — | 59 | — | — | | |
| | От 26 до 40 | — | — | — | — | — | 39 | — | — | | | | | |
| | | | | | Механические свойства проката категории б | | | | | | | | | |
| 10–20 | | | | | 295 | 430 | 16 | — | 39 | 29 | d=4a | — | | |
| 21–40 | | | | | 295 | 430 | 16 | — | 39 | 29 | d=5a | — | | |

| Ст4сп | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-----------------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|----------------------------------|-------------------------|-----|----|------|--|
| Категории проката в зависимости от нормируемых характеристик | | | | | | | | | | | | | |
| Нормируемая характеристика | | | | Категория | | | | | | HRC | | HB | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | |
| Химический состав | | | | — | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| Механические свойства при растяжении и изгибе до параллельности сторон | | | | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| Ударная вязкость КСУ: | | | | | | | | | | | | | |
| при температуре + 20°C | | | | — | — | + | — | — | — | — | — | — | |
| при температуре – 20°C | | | | — | — | — | + | — | + | — | — | — | |
| при температуре – 40°C | | | | — | — | — | — | — | — | — | + | — | |
| после механического старения | | | | — | — | — | — | — | + | — | — | + | |
| Ударная вязкость KCV при температуре: | | | | | | | | | | | | | |
| 0°C | | | | — | — | — | — | — | — | — | — | + | |
| + 20°C | | | | — | — | — | — | — | + | — | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее или в пределах | | | | | | | | |
| ГОСТ 16523–97 | Горячекатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 400–680 | 17 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 400–680 | 19 | — | — | — | — | | |
| | Холоднокатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 400–680 | 19 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 400–680 | 21 | — | — | — | — | — | |
| Прокат из стали обыкновенного качества с контролем предела текучести. Величина предела текучести должна соответствовать 255 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HB | КП | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Углеродистые стали обыкновенного качества по ГОСТ 380–2005, поставляемые с контролем ударной вязкости после механического старения, для изделий класса точности А с предельными параметрами указанными в назначении стали. | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Из стали марки Ст4сп3 изготавливаются шайбы с температурой среды до 350°C и условным давлением P_y до 10 Н/мм ² , а из стали марки Ст4сп5 также изготавливаются шайбы с такими же предельными параметрами; болты, шпильки, пробки и хомуты с температурой среды до 350°C и условным давлением P_y 1,6 Н/мм ² ; гайки с температурой среды до 350°C, условным давлением P_y 2,5 Н/мм ² . Сварные, клепаные и болтовые конструкции повышенной прочности в виде сортового, фасонного и листового проката, а также для малонагруженных деталей. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1, 4] | | Состояние стали | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | Термообработка | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | | | – 80 | |
| 196–235 | — | При $\sigma_b = 410–530$ Н/мм ² | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики [1, 4] | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1280–800 | 200 | | Воздух | | 150 | | Воздух | | | | | |
| Заготовка | 1280–800 | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | | | В горячекатаном состоянии при 152 НВ $K_v = 1,7$ (твердый сплав), $K_v = 1,7$ (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------------------------------|--|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| Ст5пс | | Лист — ГОСТ 14637–89, ГОСТ 16523–97. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,28–0,37 | 0,05–0,15 | 0,50–0,80 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | ≤ 0,30 | 730 | 825 | 690 | 815 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | |
| ГОСТ 14637–89 | В горячекатаном состоянии | | | До 20 | 285 | 490–630 | 20 | — | — | d=3,5a | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 275 | 490–630 | 19 | — | — | d=4,5a | — | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 265 | 490–630 | 17 | — | — | d=4,5a | — | | |
| | | | | Свыше 100 до 160 | 255 | 490–630 | 17 | — | — | d=4,5a | — | | |
| ГОСТ 16523–97 | Горячекатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 400–680 | 17 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 400–680 | 19 | — | — | — | — | | |
| | Холоднокатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 400–680 | 19 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 400–680 | 21 | — | — | — | — | | |
| Назначение. Детали клепаных конструкций, болты, гайки, ручки, тяги, втулки, ходовые валики, клинья, цапфы, рычаги, упоры, штыри, пальцы, стержни, ходовые валики, звездочки, трубные решетки, фланцы и другие детали, работающие при температуре от 0°С до +425°С. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1260–750 | До 800 | | На воздухе | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | — | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и ЭШ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. КТ – без ограничений. | | | В горячекатаном состоянии при 156–159 НВ и σ _b = 630 Н/мм ² K _v = 1,2 (твердый сплав), K _v = 1,2 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|---------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|--|
| Ст5сп | | Сортовой и фасонный прокат — ГОСТ 535–2005. Поковки — ГОСТ 8479–70. Трубы — ГОСТ 8731–74. Лист — ГОСТ 14637–89, ГОСТ 16523–97. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | As | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,28–0,37 | 0,15–0,30 | 0,50–0,80 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | 730 | 825 | 690 | 815 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | | |
| ГОСТ 535–2005 | В горячекатаном состоянии | | | До 10 | 295 | 490–630 | 20 | — | — | d=3a | — | | | |
| | | | | Свыше 10 до 20 | 285 | 490–630 | 20 | — | — | d=3a | — | | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 275 | 490–630 | 19 | — | — | d=4a | — | | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 265 | 490–630 | 17 | — | — | d=4a | — | | | |
| | | | | Свыше 100 | 255 | 490–630 | 17 | — | — | d=4a | — | | | |
| Для обеспечения требуемых свойств может применяться термообработка. | | | | | | | | | | | | | | |
| Нормируемые характеристики проката по категориям | | | | | | | | | | | | | | |
| Нормируемая характеристика | | | | Категория | | | | | | | | | | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | |
| Химический состав | | | | – | + | + | + | + | | | | | | |
| Временное сопротивление | | | | + | + | + | + | + | | | | | | |
| Предел текучести | | | | + | + | + | + | + | | | | | | |
| Относительное удлинение | | | | + | + | + | + | + | | | | | | |
| Изгиб в холодном состоянии | | | | + | + | + | + | + | | | | | | |
| Ударная вязкость: | | | | | | | | | | | | | | |
| при температуре + 20°С | | | | – | – | + | – | – | | | | | | |
| при температуре – 20°С | | | | – | – | – | + | – | | | | | | |
| после механического старения | | | | – | – | – | – | – | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | НВ | КП | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 8479–70 | ПС | | | До 100 | 245 | 470 | 22 | 48 | 49 | 143–179 | 245 | | | |
| | | | | 100–300 | 215 | 430 | 20 | 48 | 49 | 123–167 | 215 | | | |
| | | | | 300–500 | 195 | 390 | 20 | 45 | 49 | 111–156 | 195 | | | |
| | | | | 500–800 | 195 | 390 | 18 | 38 | 44 | 111–156 | 195 | | | |
| Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы. | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 8731–74 | Труба горячедеформированная термообработанная | | | ø 20–820 | 274 | 490 | 17 | — | — | — | — | | | |
| | | | | s 2,5–36 | | | | | | | | | | |

| Ст5сп | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---------------|--|---|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--------|----|---|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 14637-89 | В горячекатаном состоянии | | | До 20 | 285 | 490-630 | 20 | — | — | d=3,5a | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 275 | 490-630 | 19 | — | — | d=4,5a | — | | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 265 | 490-630 | 17 | — | — | d=4,5a | — | | |
| | | | | Свыше 100 до 160 | 255 | 490-630 | 17 | — | — | d=4,5a | — | | |
| ГОСТ 16523-97 | Горячекатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 400-680 | 17 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 400-680 | 19 | — | — | — | — | | |
| | | | | Холоднокатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 400-680 | 19 | — | — | — |
| | | | | | | | Свыше 2,0 | — | 400-680 | 21 | — | — | — |
| ГОСТ 20700-75 | Углеродистые стали обыкновенного качества по ГОСТ 380-2005, поставляемые с контролем ударной вязкости после механического старения, для изделий класса точности А с предельными параметрами указанными в назначении стали. | | | До 2,0 | — | 400-680 | 17 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 400-680 | 19 | — | — | — | — | | |
| | | | | Холоднокатаный лист в термически обработанном состоянии | | | До 2,0 | — | 400-680 | 19 | — | — | — |
| | | | | | | | Свыше 2,0 | — | 400-680 | 21 | — | — | — |

Назначение. Из сталей марок Ст5сп2 и Ст5сп5 изготавливаются болты, шпильки, пробки и хомуты с предельными параметрами: температурой среды до 350°C, условным давлением P_y до 2,5 Н/мм²; шайбы с температурой среды до 350°C и условным давлением P_y до 10 Н/мм². Детали клепаных конструкций, болты, гайки, ручки, тяги, втулки, ходовые валики, клинья, цапфы, рычаги, упоры, штыри, пальцы, стержни, ходовые валики, звездочки, трубные решетки, фланцы и другие детали, работающие при температуре от 0°C до плюс 425°C.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1, 4] | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [4] | | | | | Состояние стали |
|---|-------------|-------------------|---|---|------|------|-------------------|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | + 20 | 0 | - 10 | - 40 | Толщина листа, мм | |
| 274 | — | 10 ⁶ | 71 | — | 24 | 12 | 11 | $\sigma_{0,2} = 285-295$ Н/мм ² |
| | | | 57 | — | 24 | 10 | 20 | |
| 223 | — | 5·10 ⁶ | 71 | — | 36 | 15 | 40 | $\sigma_{0,2} = 255-265$ Н/мм ² |
| | | | 71 | — | 29 | 15 | 50 | |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1260-750 | До 500 | На воздухе | До 800 | На воздухе |
| Заготовка | 1260-750 | 501-800 | В яме | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и ЭШ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. КТ — без ограничений | В горячекатаном состоянии при 158 НВ и $\sigma_b = 630$ Н/мм ² $K_v = 1,2$ (твердый сплав), $K_v = 1,2$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|-------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|---------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Стбис | | Сортовой и фасонный прокат — ГОСТ 535–2005. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,38–0,49 | 0,05–0,15 | 0,50–0,80 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | ≤ 0,30 | 725 | 790 | 690 | 780 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 535–2005 | В горячекатаном состоянии | | | До 20 | 315 | 590 | 15 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 305 | 590 | 14 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 40 | 295 | 590 | 12 | — | — | — | — | | |
| Назначение. Шпиндели, клинья, ломы строительные и др. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | | – 80 | | |
| 245 | — | При σ _в = 590 Н/мм ² . | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1250–780 | До 400 | | На воздухе | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | 1250–780 | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и ЭШ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. КТ – без ограничений. | | | | В горячекатаном состоянии при 170–207 НВ и σ _в = 640 Н/мм ² K _v = 0,95 (твердый сплав), K _v = 0,95 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|----------------------|--|---|------------------------------------|--------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| Стбсп | | Сортовой и фасонный прокат — ГОСТ 535–2005. Трубы — ГОСТ 8731–74. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | As | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,38–0,49 | 0,15–0,30 | 0,50–0,80 | ≤ 0,050 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,080 | ≤ 0,010 | 725 | 790 | 690 | 780 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 535–2005 | В горячекатаном состоянии | | | До 10 | 315 | 590 | 15 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 10 до 20 | 315 | 590 | 15 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 40 | 305 | 590 | 14 | — | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 40 | 295 | 590 | 12 | — | — | — | — | | |
| ГОСТ 8731–74 | По НД | | φ 20–820 s 2,5–36 | 304 | 588 | 14 | — | — | — | — | | | |
| Назначение. Шпиндели, клинья, ломы строительные, пальцы поршней, стержневая арматура периодического профиля и др. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 30 | – 40 | – 60 | | | – 80 | | |
| 245 | — | При σ _b = 590 Н/мм ² . | | 63 | — | 46 | — | 12 | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | |
| Слиток | 1250–780 | Поковки всех размеров ответственного назначения. | | | Нормализация, два переохлаждения, отпуск. | | | До 400 | | | На воздухе | | |
| | | Остальные поковки: | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1250–780 | а) до 400 | | | а) на воздухе; | | | | | | | | |
| | | б) 401–800 | | | б) отжиг низкотемпературный; | | | | | | | | |
| | | в) > 800 | | | в) отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение. | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обработываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и ЭШ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. КТ – без ограничений. | | | | В горячекатаном состоянии при 170–207 НВ и σ _b = 640 Н/мм ² K _v = 0,95 (твердый сплав), K _v = 0,95 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

СТАЛИ УГЛЕРОДИСТЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|--------------------------|-----------------------------|--|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 08 | | Лента — ГОСТ 503–81, ГОСТ 10234–77. Сортовой прокат — ГОСТ 1050–88, ГОСТ 10702–78. Лист — ГОСТ 1577–93, ГОСТ 4041–71, ГОСТ 16523–97. Полоса — ГОСТ 1577–93. Проволока — ГОСТ 5663–79. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °C | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,05–0,12 | 0,17–0,37 | 0,35–0,65 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,10 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 735 | 875 | 680 | 855 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ ₄ , % | δ ₅ , % | KCU, Дж/см ² | Состояние материала | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 503–81 | Лента холоднокатаная | | | До 1,5 | — | 310–440 | 17 | — | — | мягкая | | | |
| | | | | Свыше 1,5 до 2 | — | 310–440 | 18 | — | — | полупагартованная | | | |
| | | | | Свыше 2 до 2,9 | — | 310–440 | 20 | — | — | полупагартованная | | | |
| | | | | Свыше 2,9 до 4,0 | — | 370–510 | 10 | — | — | нагартованная | | | |
| От 3,0 до 4,0 | — | 440–590 | 4 | — | — | нагартованная | | | | | | | |
| От 3,0 до 4,0 | — | 310–440 | — | 24 | — | мягкая | | | | | | | |
| От 3,0 до 4,0 | — | 370–510 | — | 12 | — | полупагартованная | | | | | | | |
| От 3,0 до 4,0 | — | 440–590 | — | 4 | — | нагартованная | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1050–88 | Прокат горячекатаный и кованный без термической обработки | | | До 250 | Не определяются | | | | | | — | ≤ 131 | |
| | Прокат в термически обработанном состоянии | | | До 80 | 196 | 320 | 33 | 60 | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 80 до 250 | 196 | 320 | 31 | 55 | — | — | — | | |
| | Прокат калиброванный в нагартованном состоянии | | | — | Не определяются | | | | | | — | ≤ 179 | |
| Прокат калиброванный в отожженном или высокоотпущенном состоянии | | | — | Не определяются | | | | | | — | ≤ 131 | | |
| Прокат с ультразвуковым контролем внутренних дефектов по ГОСТ 21120–75. | | | | | | | | | | | | | |
| Прокат с нормированной в баллах макроструктурой в соответствии с требованиями, указанными в таблице. | | | | | | | | | | | | | |
| Макроструктура стали в баллах, не более | | | | | | | | | | | | | |
| Центральная пористость | Точечная неоднородность | Ликвационный квадрат | Общая пятнистая ликвация | Красевая пятнистая ликвация | Полусадочная ликвация для проката размером | | Подкорковые пузыри | Межкристаллитные трещины | | | | | |
| | | | | | до 70 мм | свыше 70 мм | | | | | | | |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | не допускаются | | | | | | |
| Для проката размером 70 мм и более с качеством поверхности 3 группы прочности допускаются подкорковые пузыри балла 2 на глубину не более 1/2 допуска на диаметр или толщину. | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Изгиб | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577–93 | Лист. Без термообработки, после контролируемой прокатки или нормализованный | | | До 20 | — | 310 | 32 | — | — | d=0,5a | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | — | 310 | 30 | — | — | d=a | — | | |
| | | | | Свыше 32 до 160 | — | 310 | 29 | — | — | d=a | — | | |
| | Лист отожженный или высокоотпущенный | | | До 20 | — | 270 | 32 | — | — | d=0,5a | ≤ 131 | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | — | 270 | 30 | — | — | d=a | ≤ 131 | | |
| | | | | Свыше 32 до 160 | — | 270 | 29 | — | — | d=a | ≤ 131 | | |
| Полоса нормализованная | | | До 20 | 196 | 320 | 33 | 60 | — | d=0,5a | — | | | |
| | | | Свыше 20 до 32 | 196 | 320 | 31 | 60 | — | d=a | — | | | |
| | | | Свыше 32 до 60 | 196 | 320 | 30 | 60 | — | d=a | — | | | |
| Ультразвуковой контроль сплошности проката (нормы сплошности по ГОСТ 22727–88). | | | | | | | | | | | | | |

| 08 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | |
|---|---|---|-------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|---------------------------------|----------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | Изгиб | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4041-71 | Лист в термически обработанном состоянии | | | 4,0-14,0 | — | 270-410 | 32 | — | — | d=0 (до соприкосновения сторон) | ≤ 109 | |
| НД | Режим термообработки | | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | Класс | | | | | | | | |
| ГОСТ 5663-79 | Проволока без термической обработки | | | 1 класс | ∅ 1,0-6,0 | — | 440-590 | — | 55 | — | — | — |
| | | | | 2 класс | ∅ 1,0-6,0 | — | ≤ 590 | — | 55 | — | — | — |
| ГОСТ 10234-77 | Лента отожженная | | | s 0,1-4,0 | — | 440 | 20 | — | — | — | — | — |
| | Лента нагартованная | | | ширина 0,5-12 | — | 490-780 | — | — | — | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 10702-78 | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 115 | |
| | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности без термической обработки | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 131 | |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии (после отпуска или обычного отжига и сфероидизирующего отжига) | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ¹ | — | 310-410 290-390 | — | 55 | — | — | ≤ 131 ≤ 131 | |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ¹ | — | 370 | 8 | 55 | — | — | ≤ 179 | |
| ¹ Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм. | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | Изгиб | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 16523-97 | Термически обработанный горячекатаный лист | | | До 2,0 | — | 270-410 | 24 | — | — | d=0 | — | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 270-410 | 26 | — | — | d=a | — | |
| | Термически обработанный холоднокатаный лист | | | До 2,0 | — | 270-410 | 25 | — | — | d=0 | — | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 270-410 | 28 | — | — | d=a | — | |

| 08 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------------|---|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|-----------------------|--|--|--|--|---|-----------------------|--|--|--|--|-------------------|-----------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [1] | Нитроцементация | 880–900 | Вода | Параметры и свойства образцов не определяются | | | | | | Поверхности 50–60 | Сердцевины ≥ 137 | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 840–850 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 160–180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Цементация | 920–950 | Вода | | | | | | | Параметры и свойства образцов не определяются | | | | | | Поверхности 56–62 | Сердцевины ≥ 137 | | | | | | |
| | Закалка | 780–810 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 160–180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Цианирование | 820–860 | Вода | | | | | | | | | | | | | Параметры и свойства образцов не определяются | | | | | | Поверхности 56–62 | Сердцевины ≥ 137 |
| | Закалка | 820–860 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 160–180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Назначение. После нормализации или без термообработки — шайбы, патрубки, прокладки, валки тяг, облицовка кузовов, стаканы и другие неотчетливые ненагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой пластичности, работающие при температуре от минус 40°C до плюс 450°C не под давлением.

После химико-термической обработки — неотчетливые ненагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и износостойкости при невысокой прочности сердцевины.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Состояние стали | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|--|---|---|-----|-----|-----|-----|---|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | +20 | 0 | -20 | -30 | -40 | -60 | |
| 176 | — | При $\sigma_{0,2} = 195$ Н/мм ² , $\sigma_b = 325$ Н/мм ² | 240 | — | 93 | 12 | 10 | — | Нормализация с 950°C. Пруток диаметром 20 мм |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
|--------|----------------------|-------|-------------------|----------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1, 4] | ПС | | | Пруток $\varnothing 20$ | 20 | 177 | 315 | 20 | 77 | 69 | — |
| | | | | | 200 | 205 | 390 | 16 | 65 | 137 | — |
| | | | | | 300 | 98 | 370 | 24 | 67 | 127 | — |
| | | | | | 400 | 88 | 275 | 31 | 77 | 118 | — |
| | | | | | 500 | 78 | 195 | 33 | 78 | 88 | — |
| | | | | | 650 | 59 | 140 | 41 | 85 | 79 | — |

Пределы ползучести

| НД | t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|-----|-------|--|-------------------|
| | | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [4] | 400 | 108 | 76 |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1220–750 | До 200 | На воздухе | До 300 | На воздухе |
| Заготовка | 1250–800 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокочувствительность |
|---|--|---|
| Сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ | В горячекатаном состоянии при 131 HB и $\sigma_b = 320$ Н/мм ² $K_v = 2,10$ (твердый сплав), $K_v = 1,65$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|--|---------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 08кп | | Лист — ГОСТ 1577-93, ГОСТ 16523-97, ГОСТ 4041-71, ГОСТ 9045-93. Полоса — ГОСТ 1577-93. Лента — ГОСТ 503-81, ГОСТ 10234-77. Проволока — ГОСТ 5663-79. Трубы — ГОСТ 13663-86. Сортовой прокат — ГОСТ 10702-78. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | НД | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,05–0,12 | ≤ 0,03 | 0,25–0,50 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,10 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | ГОСТ 1050-88 | 732 | 874 | 680 | 854 |
| 0,10 | ≤ 0,03 | 0,25–0,45 | ≤ 0,030 | ≤ 0,025 | ≤ 0,10 | ≤ 0,15 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,20 | ГОСТ 4041-71 | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_n , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | | | | | |
|---------------|---|-------|-------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|------------|----------|---|----------|---|---|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 503-81 | Термическая обработка | | | До 1,5 | — | 310-440 | 17 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | 1,6-2,0 | — | 310-440 | 18 | — | d=0,5a | | | | | | | | |
| | | | | 2,1-2,9 | — | 310-440 | 20 | — | | | | d=a | | | | | |
| | | | | 3,0-4,0 | — | 310-440 | 24 | — | ≤ 131 | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577-93 | Лист. Без термообработки, после контролируемой прокатки или нормализованный | | | До 20 | — | 310 | 34 | — | | | | | | | | | |
| | | | | 21-32 | — | 310 | 32 | — | | | | | | | | | |
| | | | | 33-160 | — | 310 | 31 | — | | | | | | | | | |
| | | | | До 20 | — | 270 | 34 | — | d=0,5a | | | | | | | | |
| | 21-32 | — | 270 | 32 | — | d=a | | | | | | | | | | | |
| | 33-160 | — | 270 | 31 | — | | ≤ 131 | | | | | | | | | | |
| | Лист отожженный или высокоотпущенный | | | | До 20 | 175 | | 290 | 35 | 60 | | | | | | | |
| | | | | | 21-32 | 175 | 290 | 33 | 60 | | | | | | | | |
| 33-160 | | | | | 175 | 290 | 32 | 60 | | | | | | | | | |
| До 20 | | | | | 175 | 290 | 32 | 60 | d=0,5a | | | | | | | | |
| 33-60 | 175 | 290 | 32 | 60 | d=a | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4041-71 | Термическая обработка | | | 4,0-14,0 | | — | 270-370 | 34 | — | | HRB ≤ 55 | ≤ 100 | | | | | |
| | | | | ГОСТ 5663-79 | Без термической обработки | 1 класс 2 класс | 1,0-6,0 | — | 440-590 590 | | | | — | 55 55 | — | — | |
| ГОСТ 10234-77 | Отжиг | | | s 0,1-4,0 ширина 0,5-12 | — | 440 | 20 | — | — | — | — | | | | | | |
| ГОСТ 10702-78 | Термическая обработка | | | 5-48 | — | 310-410 | — | 60 | — | — | ≤ 131 | | | | | | |
| ГОСТ 16523-97 | Термически обработанный горячекатаный лист | | | До 2,0 | — | 260-380 | 25 | — | | | d=0 d=a | | | | | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 260-380 | 28 | — | | | | | | | | | |
| | Термически обработанный холоднокатаный лист | | | | До 2,0 | — | 260-380 | 26 | — | | d=0 d=a | | | | | | |
| | | | | | Свыше 2,0 | — | 260-380 | 29 | — | | | | | | | | |

Назначение. Шайбы, прокладки, вилки, тяги, втулки, шпильки и другие неотчетливые ненагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой пластичности.

Сталь характеризуется повышенной склонностью к старению.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | |
|--|-------------|----------------|---|---|------|------|------|----------------|------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | | - 50 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1220-750 | До 200 | На воздухе | До 300 | На воздухе |
| Заготовка | 1250-760 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|----------------------------------|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. | В горячекатаном состоянии при ≤ 131 НВ и $\sigma_n = 320$ Н/мм ² $K_n = 2,10$ (твердый сплав), $K_n = 1,65$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--------------------------|----------------------------|--|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 10 | | Лента — ГОСТ 503–81, ГОСТ 10234–77. Трубы — ГОСТ 550–75, ГОСТ 8731–74, ГОСТ 8733–74, ГОСТ 13663–86, ТУ 14–3–190–82. Сортовой прокат — ГОСТ 1050–88, ГОСТ 10702–78. Лист — ГОСТ 1577–93, ГОСТ 4041–71, ГОСТ 16523–97. Полоса — ГОСТ 1577–93. Проволока — ГОСТ 5663–79. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ag ₁ | Ag ₃ | |
| 0,07–0,14 | 0,17–0,37 | 0,35–0,65 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,15 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 732 | 870 | 680 | 854 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ ₄ , % | δ, % | КСУ, Дж/см ² | Состояние материала | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 503–81 | Лента холоднокатаная | | | До 1,5 | — | 310–440 | 17 | — | — | мягкая полунагартованная | | | | |
| | | | | | — | 370–510 | 7 | — | — | | | | | |
| | | | | Свыше 1,5 до 2 | — | 310–440 | 18 | — | — | мягкая полунагартованная | | | | |
| | | | | | — | 370–510 | 9 | — | — | | | | | |
| | | | | Свыше 2 до 2,9 | — | 310–440 | 20 | — | — | мягкая полунагартованная нагартованная | | | | |
| | | | | | — | 370–510 | 10 | — | — | | | | | |
| | | | | От 3,0 до 4,0 | — | 310–440 | — | 24 | — | мягкая полунагартованная нагартованная высоконагартованная | | | | |
| | | | | | — | 370–510 | — | 12 | — | | | | | |
| — | 440–590 | — | 4 | | — | | | | | | | | | |
| — | — | 540 | — | — | — | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 550–75 | Термически обработанные горячедеформированные трубы | | | ∅ 57–219 s 4–25 | 216 | 353 | 25 | 50 | 78 | — | ≤ 137 | | | |
| | Термически обработанные холоднодеформированные трубы | | | ∅ 20–57 s 2–5 | 206 | 333 | 26 | — | — | — | ≤ 137 | | | |
| ГОСТ 1050–88 | В горячекатаном состоянии | | | — | Не определяются | | | | | | — | ≤ 143 | | |
| | Нормализация | 920 | Воздух | До 80 | 205 | 330 | 31 | 55 | — | — | — | | | |
| | | | | Свыше 80 до 250 | 205 | 330 | 29 | 50 | — | — | — | | | |
| | Прокат калиброванный в нагартованном состоянии | | | — | — | 410 | 8 | 50 | — | — | ≤ 187 | | | |
| Прокат калиброванный в отожженном или высокоотпущенном состоянии | | | — | — | 290 | 26 | 55 | — | — | ≤ 143 | | | | |
| Прокат с ультразвуковым контролем внутренних дефектов по ГОСТ 21120–75. | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокат с нормированной в баллах макроструктурой в соответствии с требованиями, указанными в таблице. | | | | | | | | | | | | | | |
| Макроструктура стали в баллах, не более | | | | | | | | | | | | | | |
| Центральная пористость | Точечная неоднородность | Ликвационный квадрат | Общая пятнистая ликвация | Краевая пятнистая ликвация | Подусадочная ликвация для проката размером | | Подкорковые пузыри | Межкристаллитные трещины | | | | | | |
| | | | | | до 70 мм | свыше 70 мм | | | | | | | | |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | не допускаются | | | | | | | |
| Для проката размером 70 мм и более с качеством поверхности группы ЗГП допускаются подкорковые пузыри балла 2 на глубину не более 1/2 допуска на диаметр или толщину. | | | | | | | | | | | | | | |

| 10 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|---|-------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577-93 | Лист. Без термообработки, после контролируемой прокатки или нормализованный | | | До 20 | + | 330 | 32 | — | — | d=0,5a | — |
| | | | | Свыше 20 до 32 | + | 330 | 30 | — | — | d=a | — |
| | | | | Свыше 32 до 160 | + | 330 | 29 | — | — | d=a | — |
| Лист отожженный или высокоотпущенный | | | До 20 | + | 290 | 32 | — | — | d=0,5a | ≤ 137 | |
| | | | Свыше 20 до 32 | + | 290 | 30 | — | — | d=a | ≤ 137 | |
| | | | Свыше 32 до 160 | + | 290 | 29 | — | — | d=a | ≤ 137 | |
| Полоса нормализованная | | | До 20 | | 205 | 330 | 31 | 55 | — | d=0,5a | — |
| | | | Свыше 20 до 32 | | 205 | 330 | 29 | 55 | — | d=a | — |
| | | | Свыше 32 до 60 | | 205 | 330 | 28 | 55 | — | d=a | — |

Знак «+» означает, что характеристика контролируется для набора данных. Результаты контроля заносят в документ о качестве.

С обязательным выполнением п. 4.3.13 и УЗК по п. 6.14 (Примечание 4 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | δ_{10} , % | Изгиб | HRB | НВ | |
|--------------|---|-------|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------|---------------------------------|------|-------|-------------------------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах |
| ГОСТ 4041-71 | Лист в термически обработанном состоянии | | | 4,0-14,0 | — | 290-420 | 32 | 27 | d=0 (до соприкосновения сторон) | ≤ 66 | ≤ 117 | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | Класс |
| ГОСТ 5663-79 | Проволока без термической обработки | | | 1 класс | ∅ 1,0-6,0 | — | 440-590 | — | 55 | — | — | — |
| | | | | 2 класс | ∅ 1,0-6,0 | — | ≤ 590 | — | 55 | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 8731-74 | Трубы горячедеформированные в термически обработанном состоянии | | | ∅ 20-820 s 2,5-36 | 216 | 353 | 24 | — | — | — | ≤ 137 | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 8733-74 | Трубы холодно- и теплodeформированные в термически обработанном состоянии | | | ∅ 5-250 s 0,3-24 | 206 | 343 | 24 | — | — | — | ≤ 137 | |

Примечания.

1. Трубы изготавливаются термически обработанными. Без термической обработки изготавливаются трубы, у которых отношение наружного диаметра D к толщине стенки s равно 50 и более, а также по требованию потребителя. При изготовлении труб без термической обработки нормы механических свойств устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем.

2. По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготавливать трубы с отношением D/s, равным 50 и более, термически обработанными.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10234-77 | Лента отожженная: | | | s 0,1-4,0 ширина | — | ≤ 440 | 20 | — | — | — | — |
| | О | | | | | | | | | | |
| | ОП | | | | | | | | | | |
| | Лента нагартованная: | | | 0,5-12 | — | 490-780 | — | — | — | — | — |
| | Г | | | | | | | | | | |
| Г1 | | | | | | | | | | | |
| Г2 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 540-690 | | | | | | |
| | | | | | 690-830 | | | | | | |

О, ОП, Г, Г1, Г2, Г3 — состояние поставки. Г1, Г2, Г3 — класс прочности.

| 10 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------------|---|---|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10702–78 | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 115 |
| | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности без термической обработки | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 137 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии (после отпуска или обычного отжига и сфероидизирующего отжига) | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ¹ | — | 330–450 310–410 | — | 55 | — | — | ≤ 143 ≤ 143 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ¹ | — | 390 | 8 | 50 | — | — | ≤ 187 |

¹ Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | Изгиб | HB |
|---------------|---|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 16523–97 | Горячекатаный лист. | | | До 2,0 | — | 270–410 | 24 | — | — | d=0 | — |
| | Термическая обработка | | | Свыше 2,0 | — | 270–410 | 26 | — | — | d=a | — |
| | Холоднокатаный лист. | | | До 2,0 | — | 270–410 | 25 | — | — | d=0 | — |
| | Термическая обработка | | | Свыше 2,0 | — | 270–410 | 28 | — | — | d=a | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Режимы термической обработки и механические свойства по ГОСТ 1050–88. | | | | | | | | | | |

Примечания.

1. Категория III — качественные углеродистые стали в улучшенном состоянии, применяемые для болтов, шпилек, пробок, хомутов и гаек всех размеров с расчетной температурой металла изделия до 400°C в случаях, если температура отпуска выше этой температуры не менее чем на 100°C.

2. Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (HB) ниже твердости шпильки, болта.

| Марка стали | НД | Предельные параметры | | | | | |
|-------------|--------------|--------------------------------|--|-----------------------|--|-----------------------|--|
| | | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | Гайки | | Шайбы | |
| | | Температура среды, °C | Условное давление P _y , Н/мм ² | Температура среды, °C | Условное давление P _y , Н/мм ² | Температура среды, °C | Условное давление P _y , Н/мм ² |
| 10 | ГОСТ 1050–88 | — | — | До 350 | 2,5 | До 450 | — |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|----------------|------------------------------|-------|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14–3–190–82 | Горячедеформированные трубы | | | ø 20–420 s 2,5–18 | 216 | 353–549 | 24 | 55 | 49 | — | — |
| | Холоднодеформированные трубы | | | ø 5–108 s 0,3–17 | 206 | 343–540 | 24 | 55 | 49 | — | — |

Только для трубопроводов группы С (Примечание 5 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| 10 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | |
|-----|----------------------|---|------------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НРС | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [1] | Цементация | 920–950 | Вода | До 20 | 250 | 400 | 25 | 55 | — | Поверхности 56–62 | Сердцевины ≥ 137 | |
| | Закалка | 790–810 | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 180–200 | | | | | | | | | | |
| | Цианирование | 820–860 | Вода, масло или раствор NaOH | | | | | | | Не определяются | Поверхности 56–62 | Сердцевины ≥ 137 |
| | Закалка | 820–860 | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 180–200 | | | | | | | | | | |

Назначение. Трубы и крепежные детали котлов и трубопроводов ТЭС, трубные, крепежные и кованные детали АЭС, крепежные детали паровых и газовых турбин. Трубы, пальцы, валики и втулки гидротурбин.
После химико-термической обработки — втулки, ушки рессор, винты, шайбы, диафрагмы и другие детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и износостойкости при невысокой прочности сердцевины.
Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°C (ПНАЭГ–7–008–89).

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | НД | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | Термообработка |
|--|-------------|-----------------|--------------------------|-----|---|---------|-------|-------|------------------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | + 20 | – 30 | – 40 | – 60 | |
| 160–220 | 52 | 10 ⁵ | Нормализация с 900–920°C | [1] | 74–270 | 203–216 | 179 | — | Пруток диаметром 35 мм |
| | | | | [4] | 235 | 196 | 157 | 78 | Без термообработки |
| | | | | | 59–245 | 49–174 | 45–83 | 19–42 | Отжиг |

| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------|-------------------|------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1, 4] | Нормализация | 900–920 | Воздух | Заготовка $\phi 45$ | 20 | 260 | 420 | 32 | 69 | 221 | — |
| | | | | | 200 | 220 | 405 | 20 | 55 | 176 | — |
| | | | | | 300 | 175 | 385 | 23 | 55 | 142 | — |
| | | | | | 400 | 170 | 355 | 24 | 70 | 98 | — |
| | | | | | 500 | 160 | 255 | 19 | 63 | 78 | — |
| | | | | | 600 | 88 | 108 | 33,5 | 84 | 294 | — |

| Пределы ползучести | | | |
|--------------------|-------|--|-------------------|
| НД | t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | | 1/10 ³ | 1/10 ⁴ |
| [4] | 400 | 108 | — |
| | 450 | — | 69 |

| Технологические характеристики [1, 7] | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|--|--|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1280–750 | Поковки всех размеров: ответственного назначения | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | До 300 | На воздухе |
| Заготовка | 1300–700 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ | В горячекатаном состоянии при 143 НВ и $\sigma_b = 330$ Н/мм ² $K_t = 2,1$ (твердый сплав), $K_v = 1,6$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|-------------------|----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| 10кп | | Лист — ГОСТ 1577-93, ГОСТ 16523-97, ГОСТ 4041-71. Полоса — ГОСТ 1577-93. Проволока — ГОСТ 5663-79. Лента — ГОСТ 503-81, ГОСТ 10234-77. Сортовой прокат — ГОСТ 10702-78. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050-88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,07-0,14 | ≤ 0,07 | 0,25-0,50 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,15 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 732 | 870 | 680 | 854 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | |
| ГОСТ 503-81 | Термическая обработка | | | До 1,5 | — | 310-440 | 17 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 1,6-2,0 | — | 310-440 | 18 | — | — | — | — | | |
| | | | | 2,1-2,9 | — | 310-440 | 20 | — | — | — | — | | |
| | | | | 3,0-4,0 | — | 310-440 | 24 | — | — | — | — | | |
| ГОСТ 1577-93 | Лист. После контролируемой прокатки или нормализованный | | | До 20 | — | 320 | 32 | — | — | d=0,5a | — | — | |
| | | | | 21-32 | — | 320 | 30 | — | — | d=a | — | | |
| | | | | 33-160 | — | 320 | 29 | — | — | d=a | — | | |
| | Лист отожженный или высокоотпущенный | | | До 20 | — | 270 | 32 | — | — | d=0,5a | ≤ 137 | | |
| | | | | 21-32 | — | 270 | 30 | — | — | d=a | ≤ 137 | | |
| | | | | 33-160 | — | 270 | 29 | — | — | d=a | ≤ 137 | | |
| | Полоса нормализованная | | | До 20 | 185 | 310 | 33 | 55 | — | d=0,5a | — | | |
| | | | | 21-32 | 185 | 310 | 31 | 55 | — | d=a | — | | |
| | | | | 33-60 | 185 | 310 | 30 | 55 | — | d=a | — | | |
| | ГОСТ 4041-71 | Термическая обработка | | | 4,0-14,0 | — | 270-410 | 32 | — | — | — | ≤ 114 | |
| | НД | Режим термообработки | | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | Класс | | | | | | | | |
| ГОСТ 5663-79 | Без термической обработки | | | | 1 класс | φ 1,0-6,0 | — | 440-590 | — | 55 | — | — | |
| | | | | | 2 класс | φ 1,0-6,0 | — | 590 | — | 55 | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | |
| ГОСТ 10234-77 | Отжиг | | | s 0,1-4,0 ширина 0,5-12 | — | 440 | 20 | — | — | — | — | | |
| ГОСТ 10702-78 | Термическая обработка | | | 5-48 | — | 310-410 | — | 50 | — | — | ≤ 143 | | |
| ГОСТ 16523-97 | Термически обработанный горячекатаный лист | | | До 2,0 | — | 270-410 | 24 | — | — | d=0 | — | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 270-410 | 26 | — | — | d=a | — | | |
| Термически обработанный холоднокатаный лист | | | До 2,0 | — | 270-410 | 25 | — | — | d=0 | — | | | |
| | | | Свыше 2,0 | — | 270-410 | 28 | — | — | d=a | — | | | |

Назначение. После нормализации или без термообработки — шайбы, прокладки, вилки. Корпусы теплообменных аппаратов и другие детали, работающие при температуре до 450°С не под давлением, к которым предъявляются требования высокой пластичности.

Сталь характеризуется повышенной склонностью к старению.

| 10кп | | Механические свойства в состоянии поставки при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|------|--|--|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Пруток горячекатаный | | | ø 80 | 210 | 340 | 30 | 55 | — | — | — |
| | Лист горячекатаный | | | 4 | — | 300 | 24 | — | — | — | — |
| | Лист холоднокатаный | | | 4 | — | 300 | 24 | — | — | — | — |
| | Лист нормализация | | | 60 | — | 340 | 32 | — | — | — | — |
| | Трубы бесшовные горячекатаные | | | — | 240 | 360 | 25 | — | — | — | — |
| | Трубы бесшовные холоднокатаные нормализованные | | | — | 200 | 340 | 26 | — | — | — | — |

Номинальное допускаемое напряжение, $\sigma_{доп}$, Н/мм², при расчетной $t_{стенки}$, °C [5]

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 20 | 250 | 275 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 400 | 410 | 420 | 430 | 440 | 450 | 460 | 470 | 480 | 490 | 500 |
| 130 | 112 | 106 | 100 | 95 | 90 | 85 | 81 | 77 | 75 | 72 | 68 | 60 | 53 | 47 | 42 | 37 | 32 | 30 |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|---------|-------------------|----------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация | 900–920 | Воздух | Пруток ø 55 | 20 | Продольные образцы | | | | | |
| | | | | | | 265 | 430 | 31 | 69 | 225 | — |
| | | | | | | 215 | 410 | 22 | 64 | 210 | — |
| | | | | | | 225 | 490 | 20 | 55 | 180 | — |
| | | | | | | 180 | 525 | 23 | 55 | 145 | — |
| | | | | | | 170 | 380 | 24 | 69 | 100 | — |
| | | | | | | 160 | 260 | 18 | 62 | 80 | — |
| | | | | | | 140 | 190 | 20 | 73 | — | — |
| | | | | | | 95 | 110 | 33 | 84 | 300 | — |

Пределы ползучести

| НД | t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|-----|-------|--|-------------------|
| | | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [5] | 400 | 110 | 80 |
| | 425 | — | 63 |
| | 450 | 70 | 45 |
| | 475 | — | 30 |
| | 500 | 42 | 25 |
| | 550 | 23 | 13 |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|--|--|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1280–750 | Поковки всех размеров: ответственного назначения | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | — | На воздухе |
| Заготовка | 1300–700 | остальные | На воздухе | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ | В горячекатаном состоянии при ≤ 143 НВ и $\sigma_B = 330$ Н/мм ² $K_v = 2,1$ (твердый сплав), $K_v = 1,6$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|--------------------------|----------------------------|--|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| 15 | | Сортовой прокат — ГОСТ 1050–88, ГОСТ 10702–78. Лист — ГОСТ 1577–93, ГОСТ 4041–71, ГОСТ 16523–97. Полоса — ГОСТ 1577–93. Лента — ГОСТ 2284–79, ГОСТ 10234–77. Проволока — ГОСТ 5663–79. Поковки — ГОСТ 8479–70. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,12–0,19 | 0,17–0,37 | 0,35–0,65 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 735 | 860 | 685 | 840 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 1050–88 | В горячекатаном состоянии | | | До 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 149 | | |
| | Нормализация | 900 | Воздух | До 80 | 225 | 370 | 27 | 55 | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 80 до 250 | 225 | 370 | 25 | 50 | — | — | 101–143 | | |
| | Прокат калиброванный в нагартованном состоянии | | | — | — | 440 | 8 | 45 | — | — | ≤ 197 | | |
| Прокат калиброванный в отожженном или высокоотпущенном состоянии | | | — | — | 340 | 23 | 55 | — | — | ≤ 149 | | | |
| Прокат с ультразвуковым контролем внутренних дефектов по ГОСТ 21120–75. | | | | | | | | | | | | | |
| Прокат с нормированной в баллах макроструктурой в соответствии с требованиями, указанными в таблице. | | | | | | | | | | | | | |
| Макроструктура стали в баллах, не более | | | | | | | | | | | | | |
| Центральная пористость | Точечная неоднородность | Ликвационный квадрат | Общая пятнистая ликвация | Краевая пятнистая ликвация | Подусадочная ликвация для проката размером | | Подкорковые пузыри | Межкристаллитные трещины | | | | | |
| | | | | | до 70 мм | свыше 70 мм | | | не допускаются | | | | |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | |
| Для проката размером 70 мм и более с качеством поверхности 3 группы прочности допускаются подкорковые пузыри балла 2 на глубину не более 1/2 допуска на диаметр или толщину. | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | Изгиб | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 1577–93 | Лист. Без термообработки, после контролируемой прокатки или нормализованный | | | До 20 | — | 370 | 30 | — | — | d=a | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | — | 370 | 28 | — | — | d=2a | — | | |
| | | | | Свыше 32 до 160 | — | 370 | 27 | — | — | d=2a | — | | |
| Лист отожженный или высокоотпущенный | | | До 20 | — | 320 | 30 | — | — | d=a | ≤ 143 | | | |
| | | | Свыше 20 до 32 | — | 320 | 28 | — | — | d=2a | ≤ 143 | | | |
| | | | Свыше 32 до 160 | — | 320 | 27 | — | — | d=2a | ≤ 143 | | | |
| Полоса нормализованная | | | До 20 | 225 | 370 | 27 | 55 | — | d=a | — | | | |
| | | | Свыше 20 до 32 | 225 | 370 | 25 | 55 | — | d=2a | — | | | |
| | | | Свыше 32 до 60 | 225 | 370 | 24 | 55 | — | d=2a | — | | | |
| С обязательным выполнением п. 4.3.13 и УЗК по п. 6.14 (Примечание 4 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | |
| ГОСТ 2284–79 | Лента отожженная | | | 0,1–4,0 | — | 310–490 | 20 | — | — | — | — | | |

| 15 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4041-71 | Лист в термически обработанном состоянии | | | 4,0-14,0 | — | 320-440 | — | 30 | — | d=a | ≤ 121 | |
| НД | Режим термообработки | | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | Класс | | | | | | | | |
| ГОСТ 5663-79 | Проволока без термической обработки | | | 1 класс 2 класс | ∅ 1,0-6,0 ∅ 1,0-6,0 | — — | 470-620 640 | — — | 55 50 | — — | — — | — — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479-70 | Нормализация | ПС | | До 100 | 175 | 355 | 28 | 55 | 64 | 101-143 | 175 | |
| Свыше 100 до 300 | | | | 175 | 355 | 24 | 50 | 59 | 101-143 | 175 | | |
| До 100 | | | | 195 | 390 | 26 | 55 | 59 | 111-156 | 195 | | |
| Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы. | | | | | | | | | | | | |
| Поковки IV и V группы с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | Класс прочности | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 10234-77 | Лента отожженная (О) ¹ | | | s 0,1-4,0 | — | ≤ 540 | ≥ 15 | — | — | — | — | |
| | Лента нагартованная (Г) ¹ | | | ширина | — | 490-830 | — | — | — | — | — | |
| | Лента отожженная (ОП) ¹ | | | 0,5-12 | — | ≤ 410 | — | — | — | — | — | |
| | Лента нагартованная (Г) ¹ | | | — | — | 390-540 540-690 690-830 | — — — | — — — | — — — | — — — | Г1 Г2 Г3 | |
| ¹ О, ОП, Г, Г1, Г2, Г3 — состояние поставки. | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 10702-78 | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии | | | Круглый от 5 до 45 | — | — | — | — | — | — | ≤ 125 | |
| | | | | Шестигранный от 8 до 48 | | | | | | | | |
| | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности без термической обработки | | | Круглый от 5 до 45 | — | — | — | — | — | — | ≤ 143 | |
| | | | | Шестигранный от 8 до 48 | | | | | | | | |
| Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии (после отпуска или обычного отжига и сфероидизирующего отжига) | | | Круглый от 3 до 42 | — | 360-470 | — | 55 | — | — | ≤ 149 | | |
| | | | Шестигранный от 7 до 40 ² | | | | | | | | — | 320-420 |
| Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии | | | Круглый от 3 до 42 | — | 440 | 8 | 45 | — | — | — | ≤ 197 | |
| | | | Шестигранный от 7 до 40 ² | | | | | | | | | |
| ² Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм. | | | | | | | | | | | | |

| 15 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------------|---|---|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 16523-97 | Термически обработанный горячекатаный лист | | | До 2,0 | — | 330-460 | 23 | — | — | d=0 | — |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 330-460 | 24 | — | — | d=a | — |
| | Термически обработанный холоднокатаный лист | | | До 2,0 | — | 330-460 | 24 | — | — | d=0 | — |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 330-460 | 25 | — | — | d=a | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Цементация | 900-920 | Воздух | Образцы | Не определяются | | | | | Поверхности 56-62 | Сердцевины ≥ 149 |
| | Закалка | 760-780 | Вода | | | | | | | | |
| | Отпуск | 160-200 | Воздух | | | | | | | | |

Назначение. После нормализации или без термообработки — крепеж, а также вилки, стяжки, траверсы, гайки, винты, крюки, фланцы, штанги, детали сварных конструкций и другие детали, к которым предъявляются требования высокой пластичности, работающие при температуре от минус 40°C до плюс 450°C не под давлением. Корпусные детали газовых турбин.

После химико-термической обработки — вилки, рычаги, шестерни, ключи, ролики, кулачки, гайки, шпильки и другие детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и износостойкости при невысокой прочности сердцевин.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°C (ПНАЭГ-7-008-89).

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|--------------------------|---|-------|-------|-------|------|-------|-----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | - 100 | |
| 217 | — | Нормализация с 900-920°C | 74-115 | 76-88 | 14-26 | 16 | 8 | 8 | Горячекатаная |
| | | | 84-86 | 50-58 | 14-36 | 8 | 6 | 6 | Отожженная |
| | | | 123 | 54-82 | 67 | 49-66 | — | 5 | Нормализованная |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1280-750 | Поковки всех размеров: | | — | На воздухе |
| | | ответственного назначения | | | |
| Заготовка | 1300-700 | остальные | | На воздухе | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|---|
| Сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ | В горячекатаном состоянии при 149 НВ $K_v = 1,8$ (твердый сплав), $K_v = 1,6$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|----------------------------|--|--|--------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| 15кп | | Лист — ГОСТ 1577-93, ГОСТ 16523-97, ГОСТ 4041-71. Проволока — ГОСТ 5663-79. Сортовой прокат — ГОСТ 10702-78. Лента — ГОСТ 10234-77. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050-88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,12-0,19 | ≤ 0,07 | 0,25-0,50 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 735 | 863 | 685 | 840 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _n , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 1577-93 | Лист. Без термообработки после контролируемой прокатки или нормализованный | | | До 20 | — | 340 | 30 | — | — | d=0,5a | | | | |
| | | | | 21-32 | — | 340 | 28 | — | — | | | | | |
| | | | | 33-160 | — | 340 | 27 | — | — | | | | | |
| | Лист отожженный или высокоотпущенный | | | До 20 | — | 300 | 31 | — | — | d=0,5a | ≤ 143 | | | |
| | | | | 21-32 | — | 300 | 29 | — | — | d=a | | | | |
| | | | | 33-160 | — | 300 | 28 | — | — | d=a | | | | |
| Полоса нормализованная | | | До 20 | 205 | 350 | 29 | 55 | — | d=0,5a | | | | | |
| | | | 21-32 | 205 | 350 | 27 | 55 | — | d=a | | | | | |
| | | | 33-60 | 205 | 350 | 26 | 55 | — | d=a | | | | | |
| ГОСТ 4041-71 | Термическая обработка | | | 4,0-14,0 | — | 320-440 | 30 | — | — | HRB ≤ 68 | ≤ 121 | | | |
| ГОСТ 5663-79 | Без термической обработки | 1 класс | | Ø 1,0-6,0 | — | 470-620 | — | 55 | — | | | | | |
| | | 2 класс | | | | | | | | | | — | 640 | — |
| ГОСТ 10234-77 | Отжиг | | | s 0,1-4,0 ширина 0,5-12 | — | 540 | 15 | — | — | — | | | | |
| ГОСТ 10702-78 | Термическая обработка | | | 5-48 | — | 360-470 | — | 55 | — | — | — | ≤ 149 | | |
| ГОСТ 16523-97 | Термически обработанный горячекатаный лист | | | До 2,0 | — | 310-440 | 23 | — | — | d=0 | | | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 310-440 | 25 | — | — | d=a | | | | |
| | Термически обработанный холоднокатаный лист | | | До 2,0 | — | 310-440 | 24 | — | — | d=0 | | | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 310-440 | 27 | — | — | d=a | | | | |
| Назначение. Крепежные детали. После нормализации или без термообработки — вилки, стяжки, траверсы, винты, болты, крюки, фланцы, штанги, детали сварных конструкций и другие детали, к которым предъявляются требования высокой пластичности, работающие при температуре до 450°С не под давлением. После химико-термической обработки — вилки, рычаги, шестерни, ключи, кулачки, гайки, шпильки и другие детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и износостойкости при невысокой прочности сердцевины. Сталь склонна к старению. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | |
| — | — | — | | | 274 | — | 108 | 34 | — | — | Нормализация. | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток Заготовка | 1280-750 1300-700 | Поковки всех размеров: ответственного назначения | | | | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | | | На воздухе | | | | |
| | | остальные | | | | На воздухе | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. | | | В горячекатаном состоянии при ≤ 143 НВ K _v = 1,8 (твердый сплав), K _v = 1,6 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--------------------------|----------------------------|--|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| 20 | | Трубы — ГОСТ 550–75, ГОСТ 8731–74, ГОСТ 8733–74, ГОСТ 13663–86, ТУ 13.03–011–00212179–2003, ТУ 14–3Р–55–2001, ТУ 14–3–190–82, ТУ 95.499–83. Сортовой прокат — ГОСТ 1050–88, ГОСТ 10702–78, ТУ 14–1–3987–85, ТУ 14–1–5033–91. Трубная заготовка — ТУ 14–1–1529–93, ТУ 14–1–2560–78. Полоса — ГОСТ 1577–93. Лист — ГОСТ 1577–93, ГОСТ 4041–71, ГОСТ 16523–97, ТУ 108.11.902–87. Лента — ГОСТ 2284–79, ГОСТ 10234–77. Проволока — ГОСТ 5663–79. Поковки — ГОСТ 2105–75, ГОСТ 8479–70, ОСТ 108.030.113–87. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,17–0,24 | 0,17–0,37 | 0,35–0,65 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 735 | 850 | 680 | 835 |
| По ОСТ 108.030.113–87, ТУ 14–3Р–55–2001, ТУ 14–1–1529–93, ТУ 14–1–2560–78 и ТУ 14–1–3987–85 содержание S — не более 0,025%, P — не более 0,030%. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | |
| ГОСТ 550–75 | Термически обработанные горячедеформированные трубы | | | φ 57–219 s 4,0–25 | 255 | 431 | 22 | 50 | 78 | — | ≤ 156 | | |
| | Термически обработанные холоднодеформированные трубы | | | φ 20–57 s 1,5–5,0 | 245 | 412 | 23 | — | — | — | ≤ 156 | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 1050–88 | В горячекатаном состоянии | | | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 163 | | |
| | Прокат сортовой в нормализованном состоянии | | | До 80 | 245 | 410 | 25 | 55 | — | — | — | | |
| | Нормализация | 900 | Воздух | Свыше 80 до 250 | 245 | 410 | 23 | 50 | — | — | — | | |
| | Прокат калиброванный в нагартованном состоянии | | | До 250 | — | 490 | 7 | 40 | — | — | ≤ 207 | | |
| | Прокат калиброванный в отожженном или высокоотпущенном состоянии | | | До 250 | — | 390 | 21 | 50 | — | — | ≤ 163 | | |
| Прокат с ультразвуковым контролем внутренних дефектов по ГОСТ 21120–75. | | | | | | | | | | | | | |
| Прокат с нормированной в баллах макроструктурой в соответствии с требованиями, указанными в таблице. | | | | | | | | | | | | | |
| Макроструктура стали в баллах, не более | | | | | | | | | | | | | |
| Центральная пористость | Точечная неоднородность | Ликвационный квадрат | Общая пятнистая ликвация | Краевая пятнистая ликвация | Подусадочная ликвация для проката размером | | Подкорковые пузыри | Межкристаллитные трещины | | | | | |
| | | | | | до 70 мм | свыше 70 мм | | | не допускаются | | | | |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | |
| Для проката размером 70 мм и более с качеством поверхности 3 группы прочности допускаются подкорковые пузыри балла 2 на глубину не более 1/2 допуска на диаметр или толщину. | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KV, Дж | Изгиб | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | |
| ГОСТ 1577–93 | Лист. Без термической обработки, после контролируемой прокатки или нормализованный | | | До 20 | + | 410 | 28 | — | — | d=a | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | + | 410 | 26 | — | — | d=2a | — | | |
| | | | | Свыше 32 до 160 | + | 410 | 25 | — | — | d=2a | — | | |
| | Лист отожженный или высокоотпущенный | | | До 20 | + | 370 | 28 | — | — | d=a | ≤ 156 | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | + | 370 | 26 | — | — | d=2a | ≤ 156 | | |
| | | | | Свыше 32 до 160 | + | 370 | 25 | — | — | d=2a | ≤ 156 | | |
| Лист и полоса | | | До 16 | | 350 | 550–700 | 20 | 50 | 50 | d=a | — | | |
| Закалка | 860–890 | Вода | Свыше 16 до 20 | | 300 | 500–650 | 22 | 50 | 50 | d=a | — | | |
| Отпуск | 540–680 | Воздух | Свыше 20 до 40 | | 300 | 500–650 | 22 | 50 | 50 | d=2a | — | | |

| 20 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|-------------------|------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|---------|-------------------------|-------------------------|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KV, Дж | Изгиб | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | | |
| ГОСТ 1577-93 | Лист и полоса | | | До 20 | 230 | 400-550 | 27 25 ¹ | — | — | d=a | — | | | |
| | Нормализация | 880-910 | Воздух | Свыше 20 до 100 | 230 | 400-550 | 27 25 ¹ | — | — | d=2a | — | | | |
| | | | | От 100 до 160 | 210 | 380-520 | 25 23 ¹ | — | — | d=2a | — | | | |
| | Полоса нормализованная | | | | До 20 | 245 | 410 | 25 | 55 | — | d=a | — | | |
| | | | | | Свыше 20 до 32 | 245 | 410 | 23 | 55 | — | d=2a | — | | |
| | | | | | Свыше 32 до 60 | 245 | 410 | 22 | 55 | — | d=2a | — | | |
| ¹ Поперечные образцы. | | | | | | | | | | | | | | |
| Знак «+» означает, что характеристика контролируется для набора данных. Результаты контроля заносят в документ о качестве. | | | | | | | | | | | | | | |
| С обязательным выполнением п. 4.3.13 и УЗК по п. 6.14 (Примечание 4 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 2105-75 | Нормализация | ПС | | | | До 100 | 20 | 245 | 412 | 25 | 55 | 49 | — | — |
| | | | | | | Свыше 100 до 220 | 20 | 216 | 392 | 23 | 50 | 49 | — | — |
| | | | | | | | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | | |
| ГОСТ 2284-79 | Лента отожженная | | | 0,1-4,0 | — | 310-540 | 18 | — | — | — | — | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | δ_{10} , % | Изгиб | HRB | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | | |
| ГОСТ 4041-71 | Лист в термически обработанном состоянии | | | 4,0-14,0 | — | 340-490 | 28 | 24 | d=a | ≤ 71 | ≤ 127 | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | Класс | не менее или в пределах | |
| ГОСТ 5663-79 | Проволока без термической обработки | | | 1 класс | φ 1,0-6,0 | — | 470-620 | — | 55 | — | — | — | | |
| | | | | 2 класс | φ 1,0-6,0 | — | ≤ 640 | — | 50 | — | — | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | КП | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 8479-70 | Нормализация | ПС | | | | До 100 | 175 | 355 | 28 | 55 | 64 | 101-143 | 175 | |
| | | | | | | Свыше 100 до 300 | 175 | 355 | 24 | 50 | 59 | 101-143 | 175 | |
| | | | | | | Свыше 300 до 500 | 175 | 355 | 22 | 45 | 54 | 101-143 | 175 | |
| | | | | | | Свыше 500 до 800 | 175 | 355 | 20 | 40 | 49 | 101-143 | 175 | |
| | | | | | | До 100 | 195 | 390 | 26 | 55 | 59 | 111-156 | 195 | |
| | | | | | | Свыше 100 до 300 | 195 | 390 | 23 | 50 | 54 | 111-156 | 195 | |
| | | | | | | До 100 | 215 | 430 | 24 | 53 | 54 | 123-167 | 215 | |
| | | | | Свыше 100 до 300 | 215 | 430 | 20 | 48 | 49 | 123-167 | 215 | | | |
| | Закалка Отпуск | ПС | | | Свыше 100 до 300 | 245 | 470 | 19 | 42 | 39 | 143-179 | 245 | | |
| Покovsky в зависимости от назначения разделяются на группы. | | | | | | | | | | | | | | |
| Покovsky IV и V группы с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | | | | |

| 20 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|--|---|---|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 8731–74 | Трубы горячедеформированные в термически обработанном состоянии | | | ø 20–820 s 2,5–36 | 245 | 412 | 21 | — | — | — | ≤ 156 |
| ГОСТ 8733–74 | Холодно- и теплодеформированные трубы в термически обработанном состоянии | | | ø 5–250 s 0,3–24 | 245 | 412 | 21 | — | — | — | ≤ 156 |
| Примечания. | | | | | | | | | | | |
| 1. Трубы изготавливаются термически обработанными. Без термической обработки изготавливаются трубы, у которых отношение наружного диаметра D к толщине стенки s равно 50 и более, а также по требованию потребителя. При изготовлении труб без термической обработки нормы механических свойств устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем. | | | | | | | | | | | |
| 2. По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготавливать трубы с отношением D/s, равным 50 и более, термически обработанными. | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10234–77 | Лента отожженная: | | | s 0,1–4,0 ширина | — | ≤ 540 | 15 | — | — | — | — |
| | О | | | | | | | | | | |
| | ОП | | | — | ≤ 410 | — | — | — | — | — | |
| | Лента нагартованная: | | | 0,5–12 | — | 490–830 | — | — | — | — | — |
| | Г | | | | | | | | | | |
| Г1 | | | | | | | | | | | |
| Г2 | | | | | | | | | | | |
| Г3 | | | — | 690–830 | — | — | — | — | — | | |
| О, ОП, Г, Г1, Г2, Г3 — состояние поставки. Г1, Г2, Г3 — класс прочности. | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10702–78 | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии | | | Круглый от 5 до 45 Шести-гранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 132 |
| | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности без термической обработки | | | Круглый от 5 до 45 Шести-гранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 156 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии (после отпуска или обычного отжига и сфероидизирующего отжига) | | | Круглый от 3 до 42 Шести-гранный от 7 до 40 ² | — | 390–490 340–440 | — | 50 | — | — | ≤ 163 ≤ 163 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии | | | Круглый от 3 до 42 Шести-гранный от 7 до 40 ² | — | 490 | 7 | 40 | — | — | ≤ 207 |
| ² Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм. | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 13663–86 | Трубы горячедеформированные в термически обработанном состоянии или без дополнительной термообработки после прокатного нагрева | | | ГОСТ 8639–82, | 245 | 412 | 21 | — | — | — | — |
| | Трубы холоднодеформированные в термически обработанном состоянии или без дополнительной термообработки после прокатного нагрева | | | ГОСТ 8642–68, | 245 | 412 | 20 | — | — | — | — |
| | Трубы электросварные в термически обработанном состоянии | | | ГОСТ 8644–68, | 245 | 412 | 21 | — | — | — | — |
| | Трубы электросварные без термической обработки | | | ГОСТ 8645–68 | — | 372 | 10 | — | — | — | — |
| Размеры труб и их вид регламентируются указанными ГОСТами. | | | | | | | | | | | |

| 20 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------------------------|---|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 16523-97 | Горячекатаный лист. | | | До 2,0 | — | 350–500 | 22 | — | — | d=0 | — |
| | Термическая обработка | | | Свыше 2,0 | — | 350–500 | 23 | — | — | d=a | — |
| | Холоднокатаный лист. | | | До 2,0 | — | 350–500 | 23 | — | — | d=0 | — |
| | Термическая обработка | | | Свыше 2,0 | — | 350–500 | 24 | — | — | d=a | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700-75 | Категория III. Углеродистые стали | | | До 250 | Гайки | | | | | | |
| | | | | | — | — | — | — | — | — | — |

Примечания.

1. Категория III — качественные углеродистые стали в улучшенном состоянии, применяемые для болтов, шпилек, пробок, хомутов и гаек всех размеров с расчетной температурой металла изделия до 400°С в случаях, если температура отпуска выше этой температуры не менее чем на 100°С.

2. Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.

Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

Релаксационная стойкость

| НД | t, °С | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_t , Н/мм ² , за время t, ч | | | | | | | НВ |
|---------------|-------|--------------------------------|--|-----|------|------|------|-------|-------|----|
| | | | 100 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 5000 | 10000 | |
| ГОСТ 20700-75 | 200 | 100 | 94 | 92 | 92 | 90 | 90 | (86) | (82) | — |
| | 200 | 150 | 111 | 105 | 109 | 107 | 105 | (102) | (97) | |
| | 200 | 180 | 117 | 112 | 112 | 110 | 108 | (105) | (100) | |
| | 300 | 100 | 88 | 87 | 87 | 86 | 85 | (89) | (80) | |
| | 300 | 150 | 106 | 103 | 103 | 101 | 101 | (98) | (96) | |
| | 400 | 100 | 78 | 73 | 73 | 70 | 70 | (68) | (65) | |
| | 400 | 120 | 85 | 81 | 80 | 77 | 76 | (70) | — | |
| | 450 | 70 | 48 | 45 | 41 | — | — | (37) | (29) | |
| 450 | 100 | 66 | 62 | 60 | — | — | — | — | | |

В скобках даны экстраполированные значения.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|--------------------|----------------------|---------|-------------------|------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-----------------------------|-------------------------|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.030.113-87 | Нормализация | 920–950 | Воздух | До 100 вкл. | 20 | 215 | 410–550 | 24 | 55 | 59 | — | 116–159 |
| | | | | Свыше 100 до 200 вкл. | 20 | 195 | 395 | 22 | 50 | 54 | — | 109–149 |
| | | | | Свыше 200 до 400 вкл. | 20 | 195 | 395 | 20 | 45 | 49 T _к ≤ 20°С | поковки категории А 29 | 109–149 |
| | Нормализация | 920–950 | Воздух | Категория поковки Т, А | 250 | 198 | 395 | 17 | 42 | — | — | — |
| | | | | | 300 | 179 | 375 | 17 | 44 | — | — | — |
| | | | | | 350 | 159 | 365 | 17,5 | 46 | — | — | — |
| | | | | 400 | 138 | 355 | 18 | 48 | — | — | — | |
| | | | | 450 | 116 | 315 | 19 | 53 | — | — | — | |

Поковки в зависимости от назначения и предъявленных к ним требований делятся на категории:

Т — поковки, предназначенные для изготовления деталей котлов, сосудов и трубопроводов тепловых электростанций;

А — поковки, предназначенные для изготовления деталей оборудования и трубопроводов АЭС.

| 20 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|-------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | Изгиб | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ТУ 13.03-011-00212179-2003 (взамен ТУ 14-3-808-78) | Термически обработанный прокат | | | Основной металл | 20 | 245 | 410-550 | 23 | 45 ¹ | — | 29 | — | | |
| | | | | | -20 | — | — | — | — | 29 | — | — | | |
| | | | | Сварное соединение трубы ø 530-1620 s 8-14 | 20 | — | 410-550 | — | — | — | — | 29 | — | Угол загиба не менее 100° |
| | | | | | -20 | — | — | — | — | — | — | 29 | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-1529-93 | Нормализация | 920-950 | Воздух | ø 373-530 | 245 | 410-550 | 24 | 45 | 49 | — | — | | | |
| | | | | s 40-90 | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-2560-78 | Нормализация | 920-950 | Воздух | ø 370-650 s 130-275 | 215 | 410 | 22 | 40 | 39 | — | — | | | |
| ТУ 14-1-3987-85 | Нормализация | 900 | Воздух | До 80 | 245 | 410 | 25 | 55 | — | — | — | | | |
| | | | | Свыше 80 до 250 | 245 | 410 | 23 | 50 | — | — | — | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ_p , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | T _к , °C | HB | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-5033-91 | Нормализация | 920-950 | Воздух | До 20 | 245 | 410 | 28 | 40 | 24,5 | ≤ 30 | — | | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | 245 | 410 | — | — | — | — | — | | | |
| | | | | Свыше 32 | 245 | 410 | 30 | — | 30 | — | — | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-3Р-55-2001 (взамен ТУ 14-3-460-75) | Горячедеформированные трубы (в том числе прессованные из катаной и ковальной заготовки) после нормализации | | | ø 25-465 | 216 | 412-549 | 24 | 45 | 49 | — | — | | | |
| | Нормализация | 920-950 ³ | Воздух | s 2,5-60 | | | | | | | | 22 ¹ | 40 ¹ | 39 ¹ |
| | Горячепрессованные трубы (из непрерывнолитой заготовки) после нормализации | | | ø 57-219 | 216 | 412-549 | 24 | 45 | 49 | — | — | | | |
| | Нормализация | 920-950 ⁴ | Воздух | s 3,5-30 | | | | | | | | 22 ¹ | 40 ¹ | 39 ¹ |
| | Горячепрессованные редуцированные трубы (из катаной и ковальной заготовки) после нормализации | | | ø 25-42 | 216 | 412-549 | 24 | 45 | 49 | — | — | | | |
| | Нормализация | 920-950 | Воздух | s 2,5-10 | | | | | | | | 22 ¹ | 40 ¹ | 39 ¹ |
| | Горячепрессованные редуцированные трубы (из непрерывнолитой заготовки) после нормализации | | | ø 25-114 | 216 | 412-549 | 24 | 45 | 49 | — | — | | | |
| | Нормализация | 920-950 | Воздух | s 2,5-10 | | | | | | | | 22 ¹ | 40 ¹ | 39 ¹ |
| Холодно- и теплodeформированные трубы после нормализации | | | ø 10-108 | 216 | 412-549 | 24 | 45 | 49 | — | — | | | | |
| Нормализация | 920-950 | Воздух | s 2,0-13 | | | | | | | | 22 ¹ | 40 ¹ | 39 ¹ | |

³ Допускается нормализация горячедеформированных труб с прокатного нагрева. Температура конца прокатки должна быть не ниже температуры нормализации.

⁴ Для горячепрессованных труб, изготовленных из непрерывнолитой заготовки, нормализация производится с отдельного нагрева.

| 20 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|--|--|---|-------------------|--|------------------------------------|---|--------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Пределы текучести и длительной прочности металла труб при повышенных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 1·10 ⁵ | | 2·10 ⁵ | | | |
| ТУ 14-3Р-55-2001 | Нормализация | 920-950 | Воздух | 250 | 196 | — | | — | | — | — |
| | | | | 400 | 137 | — | | — | | | |
| | | | | 450 | 127 | 78 | | 56 | | | |
| | | | | 500 | — | 38 | | — | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-190-82 | Горячедеформированные трубы | | | ϕ 20-420 s 2,5-18 | 245 | 412-588 | 21 | 45 | 49 | — | — |
| | Холоднодеформированные трубы | | | ϕ 5-108 s 0,5-17 | 245 | 412-588 | 21 | 45 | 49 | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | Изгиб |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 95.499-83 | В нормализованном состоянии или после контролируемой прокатки (температура окончания прокатки не ниже 700°C) | | | Основной металл s 6-25 | 20 | — | 412 ¹ | — | — | 59 ¹ | — |
| | ПС | | | Сварное соединение трубы ϕ 426-1620 s 6-25 | 20 | — | 412 | — | — | 59 | Угол изгиба не менее 180° |
| Максимальная допускаемая температура применения 200°C (Примечание 30 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | T _k , °C | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.902-87 | Лист термически обработанный | | | От 20 до 250 | 20 | 176 | 353 | 20 | 45 ¹ | ≤ 40 | — |
| | Закалка | ПС | Отпуск | | 350 | 159 | 274 | 18 | 45 ¹ | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Закалка | 900-920 | Вода | До 100 | 245 | 470 | 22 | 48 | 49 | — | 143-179 |
| | Отпуск (Режим 1) | 600-650 | Воздух | 301-500 | 245 | 470 | 17 | 35 | 34 | — | 143-179 |
| | Цементация | 920-950 | Воздух | До 50 ⁵ | 300-350 | 500-600 | 18 | 45 | 55 | Поверхности 54-62 | Сердцевины ≥ 156 |
| | Закалка | 800-820 | Вода | | | | | | | | |
| | Отпуск (Режим 2) | 180-200 | Воздух | | | | | | | | |

⁵ Механические свойства сердцевины ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются.

Назначение. Трубопроводы, кованые детали ТЭС и АЭС, пароперегреватели, трубные пучки теплообменных аппаратов, коллекторы, корпуса аппаратов и другие детали, работающие при температуре от минус 40 до плюс 450°C под давлением.

Линзы компенсаторов и обечайки турбин АЭС.

Крепеж (болты, шпильки, пробки, хомуты и гайки всех размеров).

После нормализации или без термообработки — крюки кранов, стропы, серьги, башмаки, подмоторные рамы, косынки, муфты, цилиндры, вкладыши подшипников и другие неотчетливые ненагруженные детали.

Трубы, пальцы, валики, втулки для гидротурбин.

Детали сварных конструкций с большим объемом сварки.

После химико-термической обработки — фрикционные диски, поршневые пальцы, кулачковые валики, червяки, шестерни, толкатели и другие детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и износостойкости при невысокой прочности сердцевины.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°C (ПНАЭГ-7-008-89).

| 20 | | Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | Термообработка |
|-----|---------------|--|-----------------|---|----------------|---|------|-------|--------------|----------------|
| НД | σ_{-1} | τ_{-1} | N | + 20 | | - 20 | - 40 | - 60 | | |
| [1] | 210 | 130 | 10 ⁷ | Нормализация с отпуском | 120 | 69 | 48 | 10 | Отжиг | |
| | 260 | 460 | 10 ⁷ | Закалка с отпуском | | | | | | |
| [4] | 206 | — | 10 ⁷ | $\sigma_{0,2} = 320$ Н/мм ² ; $\sigma_B = 500$ Н/мм ² | 160 | 111 | 88 | 15-39 | Нормализация | |
| | 245 | — | 10 ⁷ | $\sigma_{0,2} = 310$ Н/мм ² ; $\sigma_B = 520$ Н/мм ² | | | | | | |
| | 225 | — | 10 ⁷ | $\sigma_{0,2} = 280$ Н/мм ² ; $\sigma_B = 490$ Н/мм ² | | | | | | |
| | 205 | 127 | 10 ⁷ | Нормализация 910°С, отпуск 620°С | 160 | 111 | 88 | 15-39 | Нормализация | |
| | 193 | — | 10 ⁷ | $\sigma_{0,2} = 280$ Н/мм ² ; $\sigma_B = 420$ Н/мм ² | | | | | | |
| | 255 | 451 | 10 ⁷ | Цементация 930°С, отпуск 190°С | | | | | | |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | |
|--------|----------------------|---------|-------------------|----------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² |
| [1, 4] | Нормализация | 880-920 | Воздух | Ø 45 продольные образцы | 20 | 280 | 430 | 34 | 67 | 218 | — | | | | | |
| 200 | | | | | 230 | 415 | 28 | 67 | 186 | — | | | | | | |
| 300 | | | | | 170 | 405 | 29 | 64 | 188 | — | | | | | | |
| 400 | | | | | 150 | 340 | 39 | 81 | 100 | — | | | | | | |
| 500 | | | | | 140 | 245 | 40 | 86 | 88 | — | | | | | | |
| 700 | | | | | — | 130 | 39 | 94 | — | — | | | | | | |
| 800 | | | | | — | 89 | 51 | 96 | — | — | | | | | | |
| 900 | | | | | — | 75 | 55 | 100 | — | — | | | | | | |
| 1000 | | | | | — | 47 | 63 | 100 | — | — | | | | | | |
| 1100 | | | | | — | 30 | 59 | 100 | — | — | | | | | | |
| 1200 | — | 20 | 64 | 100 | — | — | | | | | | | | | | |

Механические свойства стали при различных температурах в зависимости от режима термической обработки

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | |
|--------|------------------------|----------------|-------------------|--------------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² |
| [3, 5] | Отжиг | 880-900 | С печью | Пруток Ø 45 продольные образцы | 20 | 270 | 480 | 30 | 62 | 145 | — | | | | | |
| 100 | | | | | 250 | 440 | 28 | 64 | 190 | — | | | | | | |
| 200 | | | | | 230 | 440 | 26 | 63 | 170 | — | | | | | | |
| 300 | | | | | 180 | 450 | 27 | 66 | 195 | — | | | | | | |
| 400 | | | | | 150 | 360 | 26 | 78 | 135 | — | | | | | | |
| 450 | | | | | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| 500 | | | | | 130 | 220 | 26 | 76 | 85 | — | | | | | | |
| 600 | | | | | 90 | 130 | 30 | 80 | — | — | | | | | | |
| | Нормализация | 880-920 | Воздух | Пруток Ø 45 продольные образцы | 20 | 320 | 510 | 31 | 67 | 100 | — | | | | | |
| 100 | | | | | — | — | — | — | 130 | — | | | | | | |
| 200 | | | | | 280 | 505 | 21 | 62 | 130 | — | | | | | | |
| 300 | | | | | 210 | 500 | 26 | 66 | 120 | — | | | | | | |
| 400 | | | | | 200 | 420 | 25 | 75 | 90 | — | | | | | | |
| 450 | | | | | 175 | 330 | 27 | 76 | 70 | — | | | | | | |
| 500 | | | | | 170 | 255 | 28 | 76 | 70 | — | | | | | | |
| 600 | | | | | 100 | 130 | 36 | 79 | 80 | — | | | | | | |
| | Нормализация Отпуск | 880-900 650 | Воздух Воздух | Пруток Ø 45 продольные образцы | 20 | 315 | 490 | 32 | 69 | 225 | — | | | | | |
| 100 | | | | | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| 200 | | | | | 225 | 440 | 28 | 68 | 210 | — | | | | | | |
| 300 | | | | | 195 | 470 | 28 | 68 | 220 | — | | | | | | |
| 400 | | | | | 180 | 370 | 28 | 80 | 200 | — | | | | | | |
| 450 | | | | | 170 | 300 | 29 | 80 | 120 | — | | | | | | |
| 500 | | | | | 150 | 235 | 28 | 74 | 110 | — | | | | | | |
| 600 | | | | | 95 | 120 | 33 | 81 | — | — | | | | | | |

| 20 | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------|-------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|-------------------|
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ³ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [3, 5] | Нормализация | 880–900 | Воздух | 400 | Продольные образцы | | | | |
| | | | | | — | — | — | — | 100 |
| | | | | | — | — | — | — | 75 |
| | | | | | 123 | 80 | — | — | 50 |
| | | | | | 475 | 85 | 60 | — | 36 |
| 500 | 60 | 40 | — | 25 | | | | | |
| [4] | ПС | | | 400 | — | — | 108 | 78 | — |
| | | | | 450 | — | — | 69 | 44 | — |

| Релаксационная стойкость (пруток) | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------|----------|-------------------|-------|------------------------------------|--|-----|-----|------|------|------|-------|----|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ ₀ , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ _t , Н/мм ² , за время τ, ч | | | | | | | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 25 | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 5000 | 10000 | |
| [5] | Отжиг | 950, 1 ч | С печью | 200 | 100 | 96 | 94 | 92 | 92 | 90 | 86 | 82 | — |
| | | | | 200 | 150 | 116 | 111 | 109 | 109 | 105 | 102 | 97 | — |
| | | | | 200 | 180 | 126 | 117 | 112 | 112 | 108 | 105 | 100 | — |
| | | | | 300 | 100 | 88 | 88 | 87 | 87 | 85 | 83 | 80 | — |
| | | | | 300 | 150 | 108 | 106 | 103 | 103 | 101 | 98 | 96 | — |
| | | | | 400 | 100 | 80 | 78 | 73 | 73 | 70 | 68 | 65 | — |
| | | | | 400 | 120 | 89 | 85 | 80 | 80 | 76 | 70 | 62 | — |
| | | | | 450 | 70 | 51 | 48 | 45 | 41 | — | 37 | 29 | — |
| | | | | 450 | 100 | 70 | 66 | 62 | 60 | — | — | — | — |

Массовое содержание углерода — 0,17%.

| Номинальное допускаемое напряжение, σ _{доп} , Н/мм ² , при расчетной t _{стекли} , °C [5] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 20 | 250 | 275 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 400 | 410 | 420 | 430 | 440 | 450 | 460 | 470 | 480 | 490 | 500 | |
| 147 | 132 | 126 | 119 | 114 | 109 | 103 | 97 | 92 | 89 | 86 | 83 | 73 | 64 | 56 | 49 | 43 | 38 | 34 | |

| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------|--|----------------------------------|--|--------------------|--|--|--|--|--|
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | | | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | | | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1280–750 | Поковки всех размеров: ответственного назначения | | | | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | | | До 300 | | | | На воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1280–750 | остальные | | | | На воздухе | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ | | | | В горячекатаном состоянии при 126–131 НВ и σ _в = 460–500 Н/мм ² К _v = 1,7 (твердый сплав), К _v = 1,6 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Не склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|-------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 20-ПВ | | Сортовой прокат — ТУ 14-1-5058-91. Трубы — ТУ 14-3-1881-93. Трубная заготовка — ТУ 14-1-5185-93. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-5185-93 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Al | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,18–0,24 | 0,17–0,37 | 0,35–0,65 | 0,002–0,015 | 0,005–0,015 | ≤ 0,15 | ≤ 0,15 | 0,002–0,009 | 0,002–0,100 | — | — | — | — | |
| Cu | N | Zn | Sn | Pb | As | Bi | Sb | | | | | | |
| ≤ 0,15 | 0,002–0,012 | 0,0005–0,0040 | 0,0005–0,0040 | 0,0003–0,0040 | ≤ 0,01 | 0,0001–0,0030 | 0,0005–0,0030 | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-5058-91 | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Al | V | — | — | — | — | |
| 0,18–0,24 | 0,17–0,37 | 0,35–0,65 | ≤ 0,012 | ≤ 0,020 | ≤ 0,15 | ≤ 0,10 | — | ≤ 0,04 | | | | | |
| Cu | N | Zn | Sn | Pb | As | Bi | Sb | | | | | | |
| ≤ 0,10 | ≤ 0,10 | ≤ 0,004 | ≤ 0,005 | ≤ 0,003 | ≤ 0,01 | 0,0002–0,00045 | 0,00015–0,00045 | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-1881-93 | Нормализация | | | φ до 62 s до 6 | 265 | 450–550 | 26 | 55 | 69 | — | — | | |
| ТУ 14-1-5058-91 | Нормализация | | | φ 12–160 φ 70–125 | 245 | 410 | 30 | 60 | 59 | — | — | | |
| ТУ 14-1-5185-93 | Нормализация | 920–950 | Воздух | φ 150–190 | 265 | 430–550 | 26 | 55 | 69 | — | — | | |

Назначение. Трубы и кованные детали котлов и трубопроводов ТЭС.

Загрязненность металла по неметаллическим включениям не должна превышать по сульфидам – 2,5 балла, по оксидам и силикатам – 3,5 балла.

Технологические характеристики

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|----------------------------------|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | В горячекатаном состоянии при 126–131 НВ, σ _b = 460–500 Н/мм ² K _v = 1,7 (твердый сплав), K _v = 1,6 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------------------|-------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|--------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|--|--|
| 20-III | | Поковки — ТУ 08.002.0501.5348-92. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 08.002.0501.5348-92 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| 0,17–0,24 | 0,17–0,37 | 0,35–0,65 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | — | — | — | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 08.002.0501.5348-92 | Нормализация | 880–930 | Воздух | Длина, ширина 100–2500, высота 100–3500 | 196 | 392 | 20 | 45 | 34 | — | 111–156 | | |

Назначение. Валы гидротурбин, корпусные детали арматуры АЭС и другие ответственные детали.

Технологические характеристики

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|----------------------------------|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. | В нормализованном состоянии при 111–156 НВ, σ _b = 460 Н/мм ² K _v = 1,5 (твердый сплав), K _v = 1,4 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | Вид поставки |
|-------------|--|
| 20кп | Лист — ГОСТ 1577-93, ГОСТ 16523-97, ГОСТ 4041-71. Полоса — ГОСТ 1577-93. Проволока — ГОСТ 5663-79. |
| | Лента — ГОСТ 10234-77. Сортовой прокат — ГОСТ 10702-78. |

| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050-88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
|---|--------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,17-0,24 | ≤ 0,07 | 0,25-0,50 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 735 | 850 | 680 | 835 |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|------|-------------------------|-------------------------|-------------------|--------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _n , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577-93 | Лист. Без термообработки, после контролируемой прокатки или нормализованный | | | До 20 | — | 380 | 27 | — | — | d=a | ≤ 156 | |
| | | | | 21-32 | — | 380 | 25 | — | — | d=2a | | |
| | | | | 33-160 | — | 380 | 24 | — | d=a | | | |
| | Лист отожженный или высокоотпущенный | | | До 20 | — | 340 | 28 | — | — | d=a | | |
| | | | | 21-32 | — | 340 | 26 | — | — | d=2a | | |
| | | | | 33-160 | — | 340 | 25 | — | d=2a | | | |
| | Полоса нормализованная | | | До 20 | 225 | 380 | 27 | 55 | — | d=a | | |
| | | | | 21-32 | 225 | 380 | 25 | 55 | — | d=2a | | |
| | | | | 33-60 | 225 | 380 | 24 | 55 | d=2a | | | |
| | ГОСТ 4041-71 | Термическая обработка | | | 4,0-14,0 | — | 340-490 | 28 | — | — | HRB ≤ 71 | ≤ 127 |
| | ГОСТ 5663-79 | Без термической обработки | 1 класс | | 1,0-6,0 | — | 470-620 | — | 55 | — | | |
| | | | 2 класс | | | — | 640 | — | 50 | — | | |
| ГОСТ 10234-77 | Отжиг | | | s 0,1-4,0 ширина 0,5-12 | — | 540 | 15 | — | — | | | |
| ГОСТ 10702-78 | Термическая обработка | | | 5-48 | — | 390-490 | — | 50 | — | | ≤ 163 | |
| ГОСТ 16523-97 | Термическая обработка | | Горячекатаный лист | До 2,0 | — | 330-460 | 23 | — | — | d=0 | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 330-460 | 24 | — | — | d=a | | |
| | | | | До 2,0 | — | 330-460 | 24 | — | — | d=0 | | |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 330-460 | 25 | — | — | d=a | | |
| ДЦ | Цементация | 920-950 | Вода | ø 50 | 300 | 500 | 16 | 40 | 50 | HRC Поверхности ≤ 54-62 | Сердцевинны ≥ 156 | |
| | Закалка | 800-820 | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 180-200 | | | | | | | | | | Воздух |

Назначение. После нормализации или без термообработки — муфты, рычаги, стержни, втулки, шайбы, прокладки, вилки, винты, болты и др. После химико-термической обработки — втулки, ключи, диски фрикционные, шестерни, муфты и другие детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и износостойкости при невысокой прочности сердцевины.

Сталь склонна к старению.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------|---|---------|---------|------|------|------------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | |
| — | — | — | 257 | 205-225 | 173-305 | 177 | — | Закалка + отпуск |
| — | — | — | 135-146 | 42 | 15 | 15 | 5-11 | Отожженное |
| — | — | — | 235 | 134-184 | 130-150 | 9-82 | 6-13 | Нормализованное |

| Технологические характеристики | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|--|--|--------------------|--------------------|-----------|------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | |
| Слиток | 1280-750 | Поковки всех размеров: ответственного назначения | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | На воздухе | | |
| Заготовка | 1280-750 | | | | | остальные | На воздухе |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|--|
| Сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. | В горячекатаном состоянии при 131 НВ и σ _n ≤ 460 Н/мм ² K _v = 1,7 (твердый сплав), K _v = 1,6 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна Склонность к отпускной хрупкости Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--------------------------|--|--|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-------|--|--|
| 25 | | Сортовой прокат — ГОСТ 1050–88, ГОСТ 10702–78. Лист — ГОСТ 1577–93, ГОСТ 4041–71, ГОСТ 16523–97. Лента — ГОСТ 2284–79. Полоса — ГОСТ 1577–93. Проволока — ГОСТ 5663–79. Поковки — ГОСТ 8479–70. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | |
| 0,22–0,30 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 735 | 835 | 680 | 825 | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | КУ, Дж | НВ | не менее или в пределах | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1050–88 | В горячекатаном состоянии | | | Не определяются | | | | | | | | | — | ≤ 170 | | |
| | Нормализация | 890 | Воздух | До 80 | 275 | 450 | 23 | 50 | 88 | — | — | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 250 | 275 | 450 | 21 | 45 | 88 | — | — | | | | | |
| | Закалка | 860–890 | Вода | До 16 ¹ | 375 | 550–700 | 19 | — | — | 35 | — | | | | | |
| | Отпуск | 550–600 | Воздух | От 16 до 40 ¹ | 315 | 500–650 | 21 | — | — | 35 | — | | | | | |
| | Прокат калиброванный в нагартованном состоянии | | | ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–75 | — | 540 | 7 | 40 | — | — | — | ≤ 217 | | | | |
| Прокат калиброванный в отожженном или высокоотпущенном состоянии | | | ГОСТ 14955–77 | — | 410 | 19 | 50 | — | — | — | ≤ 170 | | | | | |
| ¹ Значения механических свойств приведены для проката круглого сечения. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Размеры сечения и вида проката регламентируются соответствующими ГОСТами. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокат с ультразвуковым контролем внутренних дефектов по ГОСТ 21120–75. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокат с нормированной в баллах макроструктурой в соответствии с требованиями, указанными в таблице. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Макроструктура стали в баллах, не более | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Центральная пористость | Точечная неоднородность | Ликвационный квадрат | Общая пятнистая ликвация | Краевая пятнистая ликвация | Подусадочная ликвация для проката размером | | Подкорковые пузыри | Межкристаллитные трещины | | | | | | | | |
| | | | | | до 70 мм | свыше 70 мм | | | | | | | | | | |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | не допускаются | | | | | | | | | |
| Для проката размером 70 мм и более с качеством поверхности группы ЗПГ допускаются подкорковые пузыри балла 2 на глубину не более 1/2 допуска на диаметр или толщину. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KV, Дж | Изгиб | НВ | не менее или в пределах | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577–93 | Лист. Без термической обработки, после контролируемой прокатки или нормализованный | | | До 20 | — | 440 | 25 | — | — | d=2a | ≤ 170 | | | | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | — | 440 | 23 | — | — | d=3a | ≤ 170 | | | | | |
| | | | | Свыше 32 до 160 | — | 440 | 22 | — | — | d=3a | ≤ 170 | | | | | |
| | Лист отожженный или высокоотпущенный | | | До 20 | — | 400 | 26 | — | — | d=2a | ≤ 170 | | | | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | — | 400 | 24 | — | — | d=3a | ≤ 170 | | | | | |
| | | | | Свыше 32 до 160 | — | 400 | 23 | — | — | d=3a | ≤ 170 | | | | | |
| | Лист, полоса | | | До 16 | 260 | 420–570 | 25 | — | — | d=2a | — | | | | | |
| | | | | | | | 23 ² | | | | | | | | | |
| | | | | Нормализация | 880–910 | Воздух | От 16 до 20 | 240 | 420–570 | 25 | — | — | d=2a | ≤ 170 | | |
| | | | | | | | От 20 до 100 | 240 | 420–570 | 25 | — | — | d=3a | ≤ 170 | | |
| | От 100 до 160 | 220 | 400–550 | 23 | — | — | d=3a | ≤ 170 | | | | | | | | |
| | От 100 до 160 | 220 | 400–550 | 21 ² | — | — | d=3a | ≤ 170 | | | | | | | | |
| Лист, полоса | | | До 16 | 370 | 550–700 | 19 | 45 | 45 | d=2a | — | | | | | | |
| Закалка | 860–890 | Вода | Свыше 16 до 20 | 320 | 500–650 | 21 | 50 | 45 | d=2a | — | | | | | | |
| Отпуск | 540–680 | Воздух | Свыше 20 до 40 | 320 | 500–650 | 21 | 50 | 45 | d=3a | — | | | | | | |

| 25 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|--------------|------------------------|---|-------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|--------|-------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KV, Дж | Изгиб | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577-93 | Полоса нормализованная | | | До 20 | 275 | 450 | 23 | 50 | — | d=2a | — |
| | | | | Свыше 20 до 32 | 275 | 450 | 21 | 50 | — | d=3a | — |
| | | | | Свыше 32 до 60 | 275 | 450 | 20 | 50 | — | d=3a | — |

² Поперечные образцы.

Ультразвуковой контроль сплошности проката (нормы сплошности по ГОСТ 22727-88).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | Изгиб | НВ |
|--------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 2284-79 | Лента отожженная | | | 0,1-4,0 | — | 340-590 | 18 | — | — | — | — |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRB | НВ |
|--------------|--|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4041-71 | Лист в термически обработанном состоянии | | | 4,0-14,0 | — | 390-540 | 26 | — | — | ≤ 76 | ≤ 138 |

| НД | Режим термообработки | | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------|-------------------------------------|-------|-------------------|---------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | Класс | | | | | | | | |
| ГОСТ 5663-79 | Проволока без термической обработки | | | 1 класс | ø 1,0-6,0 | — | 470-620 | — | 55 | — | — | — |
| | | | | 2 класс | ø 1,0-6,0 | — | 640 | — | 50 | — | — | — |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | КП | | |
|--------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|----------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 8479-70 | Нормализация | ПС | | До 100 | 175 | 355 | 28 | 55 | 64 | 101-143 | 175 | | |
| | | | | 100-300 | 175 | 355 | 24 | 50 | 59 | | | | |
| | | | | 300-500 | 175 | 355 | 22 | 45 | 54 | | | | |
| | | | | До 100 | 195 | 390 | 26 | 55 | 59 | | | 111-156 | 195 |
| | | | | 100-300 | 195 | 390 | 23 | 50 | 54 | | | | |
| | | | | 300-500 | 195 | 390 | 20 | 45 | 49 | | | | |
| | Закалка Отпуск | ПС | | До 100 | 215 | 430 | 24 | 53 | 54 | 123-167 | 215 | | |
| | | | | 100-300 | 215 | 430 | 20 | 48 | 49 | | | | |
| | | | | До 100 | 245 | 470 | 22 | 48 | 49 | 143-179 | 245 | | |
| | | | | 100-300 | 275 | 530 | 17 | 38 | 34 | | | 156-197 | 275 |

Попковки в зависимости от назначения разделяются на группы.

Попковки IV и V группы с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | |
|---------------|-----------------------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|----------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 20700-75 | Категория III. Углеродистые стали | | | До 250 | Гайки | | | | | | | |
| | Нормализация | 870-890 | Воздух | | — | — | — | — | — | — | — | ≤ 143 |
| | Отпуск | 620-680 | Воздух | | — | — | — | — | — | — | | |

Примечания.

1. Категория III — качественные углеродистые стали в улучшенном состоянии, применяемые для болтов, шпилек, пробок, хомутов и гаек всех размеров с расчетной температурой металла изделия до 400°C в случаях, если температура отпуска выше этой температуры не менее чем на 100°C.

2. Указанный режим отпуска допускается уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.

3. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.

4. Допускается выполнение комплектов «шпилька-гайка», «болт-гайка» из различных марок стали, а также гаек из стали с твердостью не более 163 НВ. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.

5. Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.

| 25 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | |
|-------------|-------------------------------|---|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| Марка стали | НД | Предельные параметры | | | | | |
| | | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | Гайки | | Шайбы | |
| | | Температура среды, °С | Условное давление P_y , Н/мм ² | Температура среды, °С | Условное давление P_y , Н/мм ² | Температура среды, °С | Условное давление P_y , Н/мм ² |
| 25 | ГОСТ 1050–88 ГОСТ 10702–78 | До 400 | 1,6 | До 400 | 10 | — | — |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|---|-------|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10702–78 | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 156 |
| | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности без термической обработки | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 170 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии (после отпуска или обычного отжига и сфероидизирующего отжига) | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ³ | — | ≤ 540 | — | ≥ 50 | — | — | ≤ 170 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ³ | — | ≥ 540 | ≥ 7 | ≥ 40 | — | — | ≤ 217 |

³ Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | Изгиб | HB |
|---------------|---|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 16523–97 | Термически обработанный горячекатаный лист | | | До 2,0 | — | 390–590 | 19 | — | — | d=a | — |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 390–590 | 20 | — | — | d=2a | — |
| | Термически обработанный холоднокатаный лист | | | До 2,0 | — | 390–590 | 20 | — | — | d=a | — |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 390–590 | 21 | — | — | d=2a | — |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----|----------------------|---------|-------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------|------------------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Цементация | 920–950 | Воздух | ø 50 ⁴ | 350 | 550 | 25 | 45 | — | Поверхности 54–62 | Сердцевины ≥ 170 |
| | Закалка | 820–840 | Вода | | | | | | | | |
| | Отпуск | 180–200 | Воздух | | | | | | | | |

⁴ Механические свойства сердцевин ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются.

Назначение. Крепежные детали котлов и трубопроводов ТЭС, паровых, газовых и гидравлических турбин.

Оси, валы, соединительные муфты, собачки, рычаги, вилки, шайбы, валики, фланцы, тройники.

После химико-термической обработки — винты, втулки, собачки и другие детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и износостойкости при невысокой прочности сердцевин.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 350°С (ПНАЭГ–7–008–89).

| 25 | | | | | | | | | | | |
|-----|--|-------------|-----------------|---|---|--------|--------|-------|-------------------------|--|--|
| НД | Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | Термообработка | | |
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | - 20 | - 40 | - 60 | | | |
| [1] | 190 | — | 10 ⁷ | Отжиг при 900°С, $\sigma_b = 410$ Н/мм ² | 139–148 | 29–69 | 25–45 | 8 | Отжиг | | |
| | 230 | — | 10 ⁷ | Закалка с 870°С в масле, отпуск при 480°С. $\sigma_b = 460$ Н/мм ² | | | | | | | |
| [4] | 203 | — | 10 ⁷ | Закалка 870°С, отпуск 480°С | 160–190 | 14–18 | 9–16 | 5–23 | Горячекатаное состояние | | |
| | 186 | — | 10 ⁷ | Отжиг, $\sigma_b = 410$ Н/мм ² | | | | | | | |
| | 245 | — | 10 ⁷ | Нормализация, $\sigma_b = 450$ Н/мм ² | 200 | 99–152 | 44–118 | 38–50 | Нормализация | | |
| | 225 | — | 10 ⁷ | Горячая прокатка, $\sigma_b = 400$ Н/мм ² | | | | | | | |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$ | σ_b | δ_{10} | δ | ψ | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|--------|--|-------|-------------------|-----------------------------------|-------|----------------|------------|---------------|----------|--------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | не менее | | | | | | |
| [1, 4] | После горячей прокатки. Скорость деформирования 0,8 мм/мин | | | Образец | 20 | 310 | 490 | 28 | — | 58 | 78 | — |
| | | | | | 200 | 300 | 460 | 23 | — | 44 | 97 | — |
| | | | | | 300 | 200 | 440 | 22 | — | 57 | 88 | — |
| | | | | | 400 | 165 | 365 | 25 | — | 66 | 69 | — |
| | | | | | 500 | 150 | 330 | 28 | — | 70 | 49 | — |
| | | | | | 600 | 69 | 157 | 44 | — | 92 | 78,5 | — |
| | После прокатки. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с | | | Образец Ø 6 длина 30 | 700 | 130 | 145 | — | 42 | 77 | — | — |
| | | | | | 800 | 69 | 96 | — | 57 | 78 | — | — |
| | | | | | 900 | 47 | 79 | — | 53 | 95 | — | — |
| | | | | | 1000 | 40 | 54 | — | 60 | 100 | — | — |
| | | | | | 1100 | 24 | 38 | — | 66 | 100 | — | — |
| | | | | | 1200 | 14 | 23 | — | 101 | 100 | — | — |
| 1300 | 20 | 25 | — | 67 | 100 | — | — | | | | | |

Пределы ползучести

| НД | t, °С | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|--------|-------|--|-------------------|
| | | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [4, 6] | 400 | 137 | 103 |
| | 450 | 81 | 52 |

Технологические характеристики [1, 6]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|---|--|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1280–750 | Поковки всех размеров: ответственного назначения | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | До 300 | На воздухе |
| Заготовка | 1280–750 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ | В нормализованном состоянии при 156 НВ и $\sigma_b = 460$ –500 Н/мм ² $K_v = 1,5$ (твердый сплав), $K_v = 1,26$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|----------------------------|--|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|----|---|---|------|-------|--|--|
| 30 | | Сортовой прокат — ГОСТ 1050–88, ГОСТ 10702–78. Полоса — ГОСТ 1577–93. Лента — ГОСТ 2284–79, ГОСТ 10234–77. Проволока — ГОСТ 5663–79. Поковки — ГОСТ 8479–70. Лист — ГОСТ 1577–93, ГОСТ 4041–71, ГОСТ 16523–97. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | | | | | |
| 0,27–0,35 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 730 | 820 | 680 | 796 | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KU, Дж | НВ | не менее или в пределах | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1050–88 | В горячекатаном состоянии | | | Не определяются | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 880 | Воздух | До 80 | 295 | 490 | 21 | 50 | 78 | — | — | ≤ 179 | | | | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 250 | 295 | 490 | 19 | 45 | 78 | — | — | | | | | | | | | |
| | Закалка | 850–890 | Вода | До 16 ¹ | 400 | 600–750 | 18 | — | — | 30 | — | | | | | | | | | |
| | | | | От 16 до 40 ¹ | 355 | 550–700 | 20 | — | — | 30 | — | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 550–600 | Воздух | От 40 до 63 ¹ | 295 | 500–650 | 21 | — | — | 30 | — | | | | | | | | | |
| Прокат калиброванный в нагартованном состоянии | | | ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–75 | — | 560 | 7 | 35 | — | — | — | ≤ 229 | | | | | | | | | |
| Прокат калиброванный в отожженном или высокоотпущенном состоянии | | | ГОСТ 14955–77 | — | 440 | 17 | 45 | — | — | — | ≤ 179 | | | | | | | | | |
| ¹ Значения механических свойств приведены для проката круглого сечения. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Размеры сечения и вида проката регламентируются соответствующими ГОСТами. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокат с ультразвуковым контролем внутренних дефектов по ГОСТ 21120–75. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокат с нормированной в баллах макроструктурой в соответствии с требованиями, указанными в таблице. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Макроструктура стали в баллах, не более | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Центральная пористость | Точечная неоднородность | Ликвационный квадрат | Общая пятнистая ликвация | Краевая пятнистая ликвация | Подусадочная ликвация для проката размером | | Подкорковые пузыри | Межкристаллитные трещины | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | до 70 мм | свыше 70 мм | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | не допускаются | | | | | | | | | | | | | |
| Для проката размером 70 мм и более с качеством поверхности группы ЗГП допускаются подкорковые пузыри балла 2 на глубину не более 1/2 допуска на диаметр или толщину. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KV, Дж | Изгиб | НВ | не менее или в пределах | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577–93 | Лист. Без термической обработки, после контролируемой прокатки или нормализованный | | | До 20 | — | 480 | 24 | — | — | d=2a | ≤ 179 | | | | | | | | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | — | 480 | 22 | — | — | d=3a | ≤ 179 | | | | | | | | | |
| | | | | Свыше 32 до 160 | — | 480 | 21 | — | — | d=3a | ≤ 179 | | | | | | | | | |
| | Лист отожженный или высокоотпущенный | | | До 20 | — | 430 | 24 | — | — | d=2a | ≤ 179 | | | | | | | | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | — | 430 | 22 | — | — | d=3a | ≤ 179 | | | | | | | | | |
| | | | | Свыше 32 до 160 | — | 430 | 21 | — | — | d=3a | ≤ 179 | | | | | | | | | |
| | Лист, полоса | | | До 16 | 280 | 450–630 | 23 | — | — | d=2a | ≤ 179 | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 870–900 | Воздух | | | | 21 ² | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | От 16 до 20 | | | | | 250 | 450–630 | 23 | — | — | d=2a | ≤ 179 | | |
| | | | | | | | 21 ² | | | | | | | | | | | | | |
| От 20 до 100 | | | | 250 | 450–630 | 23 | — | — | d=3a | ≤ 179 | | | | | | | | | | |
| 21 ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| От 100 до 160 | 230 | 430–610 | 21 | — | — | d=3a | ≤ 179 | | | | | | | | | | | | | |
| 19 ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 30 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-------------------|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------|-------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KV, Дж | Изгиб | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах |
| ГОСТ 1577-93 | Лист, полоса | | | До 16 | 400 | 600-750 | 18 | 40 | 40 | d=2a | — | |
| | Закалка | 850-880 | Вода | Свыше 16 до 20 | 350 | 550-700 | 20 | 45 | 40 | d=2a | — | |
| | Отпуск | 540-680 | Воздух | Свыше 20 до 40 | 350 | 550-700 | 20 | 45 | 40 | d=3a | — | |
| | | | | Свыше 40 до 100 | 300 | 500-650 | 21 | 50 | 40 | d=3a | — | |
| | Полоса нормализованная | | | До 20 | 295 | 490 | 21 | 50 | — | d=2a | — | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | 295 | 490 | 19 | 50 | — | d=3a | — | |
| | | | | Свыше 32 до 60 | 295 | 490 | 18 | 50 | — | d=3a | — | |
| ² Поперечные образцы. | | | | | | | | | | | | |
| Нормы механических свойств для проката из стали приведены для толщин до 63 мм. | | | | | | | | | | | | |
| Ультразвуковой контроль сплошности проката (нормы сплошности по ГОСТ 22727-88). | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах |
| ГОСТ 2284-79 | Лента отожженная | | | 0,1-4,0 | — | 390-640 | 16 | — | — | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRB | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах |
| ГОСТ 4041-71 | Лист в термически обработанном состоянии | | | 4,0-14,0 | — | 430-590 | 24 | — | — | ≤ 80 | ≤ 149 | |
| НД | Режим термообработки | | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | Класс | | | | | | | | |
| ГОСТ 5663-79 | Проволока без термической обработки | | | 1 класс | φ 1,0-6,0 | — | 560-710 | — | 55 | — | — | — |
| | | | | 2 класс | φ 1,0-6,0 | — | 740 | — | 45 | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 8479-70 | Нормализация | ПС | | 300-500 | 175 | 355 | 22 | 45 | 54 | 101-143 | 175 | |
| | | | | 500-800 | 175 | 355 | 20 | 40 | 49 | | | |
| | | | | 100-300 | 195 | 390 | 23 | 50 | 54 | 111-156 | 195 | |
| | | | | 300-500 | 195 | 390 | 20 | 45 | 49 | | | |
| | | | | 500-800 | 195 | 390 | 18 | 38 | 44 | 123-167 | 215 | |
| | | | | 100-300 | 215 | 430 | 20 | 48 | 49 | | | |
| | | | | 300-500 | 215 | 430 | 18 | 40 | 44 | | | |
| | | | | 500-800 | 215 | 430 | 16 | 35 | 39 | | | |
| До 100 | 245 | 470 | 22 | 48 | 49 | 143-179 | 245 | | | | | |
| 100-300 | 245 | 470 | 19 | 42 | 39 | | | | | | | |
| 300-500 | 245 | 470 | 17 | 35 | 34 | | | | | | | |

Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы.

Поковки IV и V группы с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| 30 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | HRC | HB | |
|---------------|-----------------------------------|---|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|----------|----|-------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | | | KCU, Дж/см ² |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 20700–75 | Категория III. Углеродистые стали | | | До 300 | Гайки | | | | | — | ≤ 149 |
| | Нормализация | 860–890 | Воздух | | — | — | — | — | — | | |
| | Отпуск | 620–680 | Воздух | | — | — | — | — | — | | |

Примечания.

1. Категория III — качественные углеродистые стали в улучшенном состоянии, применяемые для болтов, шпилек, пробок, хомутов и гаек всех размеров с расчетной температурой металла изделия до 400°C в случаях, если температура отпуска выше этой температуры не менее чем на 100°C.
2. Указанный режим отпуска допускается уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
3. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
4. Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали, а также гаек из стали с твердостью не более 163 HB. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (HB) ниже твердости шпильки, болта.
5. Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.

| Марка стали | НД | Предельные параметры | | | | | |
|-------------|-------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------|--|-----------------------|--|
| | | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | Гайки | | Шайбы | |
| | | Температура среды, °C | Условное давление P _y , Н/мм ² | Температура среды, °C | Условное давление P _y , Н/мм ² | Температура среды, °C | Условное давление P _y , Н/мм ² |
| 30 | ГОСТ 1050–88 ГОСТ 10702–78 | До 425 | 10 | До 425 | 20 | — | — |

Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|---|-------|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10702–78 | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 156 |
| | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности без термической обработки | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 179 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии (после отпуска или обычного отжига и сфероидизирующего отжига) | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ³ | — | ≤ 570 ≤ 520 | — | ≥ 45 — | — | — | ≤ 179 ≤ 179 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ³ | — | ≥ 560 | ≥ 7 | ≥ 40 | — | — | ≤ 229 |

³ Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|---|-------|-------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10234–77 | Отжиг | | | s 0,1–4,0 ширина 0,5–12 | — | 590 | 15 | — | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | Изгиб | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 16523–97 | Термически обработанный горячекатаный лист | | | До 2,0 | — | 390–590 | 19 | — | — | d=a | — |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 390–590 | 20 | — | — | d=2a | — |
| | Термически обработанный холоднокатаный лист | | | До 2,0 | — | 390–590 | 20 | — | — | d=a | — |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 390–590 | 21 | — | — | d=2a | — |

| 30 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|-----|----------------------|---|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Закалка | 860–880 | Вода | До 60 | 400 | 600 | 25 | 55 | — | — | — |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | |

Назначение. Крепежные изделия трубопроводов ТЭС и АЭС (болты, шпильки, пробки, хомуты и гайки), тяги, серьги, траверсы, рычаги, валы, звездочки, шпиндели, цилиндры прессов, соединительные муфты паровых турбин и другие детали невысокой прочности, паровых, газовых и гидротурбин.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°C (ПНАЭГ–7–008–89).

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|--|---|----|-----|-----|-----|------|---|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | +20 | 0 | –40 | –60 | –80 | –100 | |
| 260 | — | Закалка с 830°C в масле, отпуск при 640°C, охлаждение на воздухе; $\sigma_b = 540$ Н/мм ² | 74 | 66 | 46 | 43 | 40 | 30 | Закалка с 860°C в воде, отпуск при 400°C. Заготовка диаметром 60 мм |
| 210 | — | Нормализация с 875°C; $\sigma_b = 504$ Н/мм ² | | | | | | | |

| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1, 4] | В состоянии поставки | | | Образцы | 20 | 320 | 530 | 25 | 52 | 62 | — |
| | | | | | 300 | 205 | 480 | 21 | 51 | 70 | — |
| | | | | | 500 | 145 | 350 | 24 | 70 | 43 | — |
| | | | | | 600 | 78 | 195 | 35 | 83 | 74 | — |
| | | | | | 800 | — | 98 | 49 | 98 | — | — |
| | | | | | 900 | — | 77 | 53 | 100 | — | — |
| | | | | | 1000 | — | 48 | 56 | 100 | — | — |
| | | | | | 1100 | — | 30 | 58 | 100 | — | — |
| | | | | 1200 | — | 21 | 64 | 100 | — | — | |

| Пределы ползучести | | |
|--------------------|-------|--|
| НД | t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
| | | $1/10^5$ |
| [4] | 400 | 108 |
| | 425 | 81 |
| | 450 | 54 |
| | 500 | 22 |

| Технологические характеристики [1, 6] | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|---|--|--------------|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1280–750 | Поковки всех размеров ответственного назначения | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | До 800 | На воздухе |
| Заготовка | 1280–750 | Остальные поковки: а) до 400; б) 401–800; в) > 800 | а) на воздухе; б) отжиг низкотемпературный; в) отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и ЭШ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. КТ — без ограничений | В нормализованном состоянии при 143 НВ и $\sigma_b = 470$ Н/мм ² $K_v = 1,5$ (твердый сплав), $K_v = 1,26$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|----------------------------|--|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|--|--|--|
| 35 | | Сортовой прокат — ГОСТ 1050–88, ГОСТ 10702–78. Лист — ГОСТ 1577–93, ГОСТ 4041–71, ГОСТ 16523–97. Лента — ГОСТ 2284–79. Проволока — ГОСТ 5663–79. Поковки — ГОСТ 8479–70, ТУ 108.11.496–80, ТУ 108.11.910–87, ТУ 108.13.32–88. Трубы — ГОСТ 8731–74, ГОСТ 8733–74, ГОСТ 13663–86. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78. | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050–88 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | |
| 0,32–0,40 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 730 | 810 | 680 | 796 | | | |
| Из стали изготавливают профиль для косых шайб по ГОСТ 5157. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| В стали, предназначенной для изготовления патентированной проволоки, массовая доля элементов должна быть следующей: Mn 0,30–0,60%, Ni — не более 0,15%, Cr — не более 0,15%, Cu — не более 0,20%, S и P — соответственно требованиям стандартов на проволоку, но не превышать норм, приведенных в таблице. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| В прокате, заготовках, поковках и изделиях дальнейшего передела допускаются отклонения по химическому составу: C ± 0,01%; Si ± 0,02%; Mn ± 0,03%; P + 0,005%. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | КУ, Дж | НВ | не менее или в пределах | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1050–88 | В горячекатаном состоянии | | | | Не определяются | | | | | | | — | ≤ 207 | | | |
| | Нормализация | 880 | Воздух | До 80 | 315 | 530 | 20 | 45 | 69 | — | — | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 250 | 315 | 530 | 18 | 40 | 69 | — | — | | | | | |
| | Закалка | 840–880 | Вода или масло | До 16 ¹ | 430 | 630–780 | 17 | — | — | 25 | — | | | | | |
| | | | | От 16 до 40 ¹ | 380 | 600–750 | 19 | — | — | 25 | — | | | | | |
| | Отпуск | 550–600 | Воздух | От 40 до 100 ¹ | 315 | 550–700 | 20 | — | — | 25 | — | | | | | |
| Прокат калиброванный в нагартованном состоянии | | | ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–75 | — | 590 | 6 | 35 | — | — | — | ≤ 229 | | | | | |
| Прокат калиброванный в отожженном или высокоотпущенном состоянии | | | ГОСТ 14955–77 | — | 470 | 15 | 45 | — | — | — | ≤ 187 | | | | | |
| ¹ Значения механических свойств приведены для проката круглого сечения. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Размеры сечения и вида проката регламентируются соответствующими ГОСТами. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокат с ультразвуковым контролем внутренних дефектов по ГОСТ 21120–75. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокат с нормированной в баллах макроструктурой в соответствии с требованиями, указанными в таблице. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Макроструктура стали в баллах, не более | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Центральная пористость | Точечная неоднородность | Ликвационный квадрат | Общая пятнистая ликвация | Краевая пятнистая ликвация | Подусадочная ликвация для проката размером | | Подкорковые пузыри | Межкристаллитные трещины | | | | | | | | |
| | | | | | до 70 мм | свыше 70 мм | | | | | | | | | | |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | не допускаются | | | | | | | | | |
| Для проката размером 70 мм и более с качеством поверхности 3 группы прочности допускаются подкорковые пузыри балла 2 на глубину не более 1/2 допуска на диаметр или толщину. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KV, Дж | Изгиб | НВ | не менее или в пределах | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577–93 | Лист. Без термической обработки, после контролируемой прокатки или нормализованный | | | До 20 | — | 520 | 21 | — | — | d=2a | ≤ 207 | | | | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | — | 520 | 19 | — | — | d=3a | ≤ 207 | | | | | |
| | | | | Свыше 32 до 160 | — | 520 | 18 | — | — | d=3a | ≤ 207 | | | | | |
| Лист отожженный или высокоотпущенный | | | До 20 | — | 480 | 22 | — | — | d=2a | ≤ 187 | | | | | | |
| | | | Свыше 20 до 32 | — | 480 | 20 | — | — | d=3a | ≤ 187 | | | | | | |
| | | | Свыше 32 до 160 | — | 480 | 19 | — | — | d=3a | ≤ 187 | | | | | | |

| 35 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|----------------------|------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|---------|-------|-----------------|-----------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KV, Дж | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577-93 | Лист, полоса | | | До 16 | 300 | 480-670 | 21 | — | — | d=2a | ≤ 207 | | |
| | Нормализация | 860-890 | Воздух | | | | 19 ² | | | | | | |
| | | | | | | | От 16 до 20 | | | | | 21 | 19 ² |
| | | | | | | | | | | | | От 20 до 100 | 21 |
| | От 100 до 160 | 245 | 460-650 | 19 | 17 ² | d=3a | ≤ 207 | | | | | | |
| | | Лист, полоса | | | До 16 | 430 | 630-780 | 17 | 40 | 35 | d=2a | — | |
| | Закалка | 840-870 | Вода | Свыше 16 до 20 | 370 | 600-750 | 19 | 45 | 35 | d=2a | — | | |
| | | 850-880 | Масло | Свыше 20 до 40 | 370 | 600-750 | 19 | 45 | 35 | d=3a | — | | |
| | Отпуск | 540-680 | Воздух | Свыше 40 до 100 | 320 | 550-700 | 20 | 50 | 35 | d=3a | — | | |
| | | | | Полоса нормализованная | | | До 20 | 315 | 530 | 20 | 45 | — | d=2a |
| | | | | Свыше 20 до 32 | 315 | 530 | 18 | 45 | — | d=3a | — | | |
| | | | | Свыше 32 до 60 | 315 | 530 | 17 | 45 | — | d=3a | — | | |
| ² Поперечные образцы. | | | | | | | | | | | | | |
| Ультразвуковой контроль сплошности проката (нормы сплошности по ГОСТ 22727-88). | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 2284-79 | Лента отожженная | | | 0,1-4,0 | — | 390-640 | 16 | — | — | — | — | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4041-71 | Лист в термически обработанном состоянии | | | 4,0-14,0 | — | 480-640 | 22 | — | — | d=2a | ≤ 163 | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5663-79 | Проволока без термической обработки | | | 1 класс | — | 560-710 | — | 55 | — | — | — | | |
| | | | | 2 класс | | | | | | | | — | 740 |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | КП | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479-70 | Нормализация | ПС | | 500-800 | 175 | 355 | 20 | 40 | 49 | 101-143 | 175 | | |
| | | | | 300-500 | 195 | 390 | 20 | 45 | 49 | 111-156 | 195 | | |
| | | | | 500-800 | 195 | 390 | 18 | 38 | 44 | | | | |
| | | | | 100-300 | 215 | 430 | 20 | 48 | 49 | 123-167 | 215 | | |
| | | | | 300-500 | 215 | 430 | 18 | 40 | 44 | | | | |
| | | | | 500-800 | 215 | 430 | 16 | 35 | 39 | | | | |
| | | | | До 100 | 245 | 470 | 22 | 48 | 49 | | | | |
| | | | | 100-300 | 245 | 470 | 19 | 42 | 39 | 143-179 | 245 | | |
| | 300-500 | 245 | 470 | 17 | 35 | 34 | | | | | | | |
| | До 100 | 275 | 530 | 20 | 40 | 44 | 156-197 | 275 | | | | | |
| | Закалка | ПС | | 100-300 | 275 | 530 | 17 | 38 | 34 | 156-197 | 275 | | |
| | | | | До 100 | 315 | 570 | 17 | 38 | 39 | 167-207 | 315 | | |

Покровки в зависимости от назначения разделяются на группы.

35

Механические свойства при комнатной температуре

Примечания.

По механическим свойствам поковки, поставляемые после окончательной термической обработки, разделяются на категории прочности. Категории прочности, соответствующие им нормы механических свойств, определяемые при испытании на продольных образцах, и нормы твердости приведены в таблице.

Нормы твердости для поковок II и III групп и категории прочности для поковок IV и V групп устанавливаются по соглашению изготовителя с потребителем. Марка стали для всех групп устанавливается по соглашению изготовителя с потребителем и указывается на чертеже детали и поковки.

По требованию потребителя временное сопротивление должно быть выше указанной в таблице для заданной категории прочности, не более:

120 Н/мм² при требуемом σ_b менее 600 Н/мм²,

150 Н/мм² при требуемом σ_b 600–900 Н/мм²,

200 Н/мм² при требуемом σ_b более 900 Н/мм².

Поковки IV и V группы с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3. Группу качества поковок по результатам УЗК устанавливают в соответствии с ГОСТ 24507–80 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------|---|-------|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 8731–74 | Горячедеформированные трубы в термически обработанном состоянии | | | Ø 20–820 s 2,5–36 | 294 | 510 | 17 | — | — | — | ≤ 187 |
| ГОСТ 8733–74 | Холодно- и теплодеформированные трубы в термически обработанном состоянии | | | Ø 5–250 s 0,3–24 | 294 | 510 | 17 | — | — | — | ≤ 187 |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10702–78 | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 163 |
| | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности без термической обработки | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 187 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии (после отпуска или обычного отжига и сфероидизирующего отжига) | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ³ | — | ≤ 590 ≤ 540 | — | ≥ 45 — | — | — | ≤ 187 ≤ 187 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ³ | — | ≥ 590 | ≥ 5 | ≥ 40 | — | — | ≤ 229 |

³ Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------|--|-------|-------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 13663–86 | Трубы горячедеформированные в термически обработанном состоянии | | | ГОСТ 8639–82, ГОСТ 8642–68, | 294 | 510 | 18 | — | — | — | — |
| | Трубы холоднодеформированные в термически обработанном состоянии | | | ГОСТ 8644–68, ГОСТ 8645–68 | 294 | 510 | 18 | — | — | — | — |

Размеры труб и их вид регламентируются указанными ГОСТами.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
|---------------|---|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 16523–97 | Термически обработанный горячекатаный лист | | | До 2,0 | — | 490–720 | 12 | — | — | — | 490В |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 490–720 | 13 | — | — | — | 490В |
| | Термически обработанный холоднокатаный лист | | | До 2,0 | — | 490–720 | 13 | — | — | — | 490В |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 490–720 | 14 | — | — | — | 490В |

| 35 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------------------------|---|-------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Категория III. Углеродистые стали | | | Болты, шпильки, пробки и хомуты | | | | | | | |
| | Нормализация | 850–890 | Воздух | До 60 | 274 | 530 | 20 | 40 | 49 | 156–207 | 275 |
| | | | | Свыше 60 до 100 | 274 | 530 | 20 | 40 | 44 | 156–207 | 275 |
| | | | | Свыше 100 до 300 | 274 | 530 | 17 | 38 | 34 | 156–207 | 275 |
| | Отпуск | 600–680 | Воздух | Гайки | | | | | | | |
| До 300 | | | | — | — | — | — | — | — | ≤ 149 | — |

Примечания.

1. Указанный режим отпуска допускается уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°С.
3. Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали, а также гаек из стали с твердостью не более 163 НВ. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.
4. Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.
5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше $10^4/\sigma_b$ (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°С не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

| Марка стали | НД | Предельные параметры | | | | | |
|-------------|-------------------------------|--------------------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| | | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | Гайки | | Шайбы | |
| | | Температура среды, °С | Условное давление P_y , Н/мм ² | Температура среды, °С | Условное давление P_y , Н/мм ² | Температура среды, °С | Условное давление P_y , Н/мм ² |
| 35 | ГОСТ 1050–88 ГОСТ 10702–78 | До 425 | 10 | До 425 | 20 | — | — |

Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
|------------------------|--------------------------|------------------|-------------------|---------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23304–78 | Нормализация или закалка | | | Болты, шпильки | | | | | | | | |
| | Нормализация | 850–890 | Воздух | До 60 | 20 | 274 | 529 | 20 | 40 | 49 | 156–207 | 275 |
| | | | | | 350 | 127 | — | — | — | — | — | — |
| | Отпуск | 600–680 | Воздух | До 100 | 20 | 274 | 529 | 20 | 40 | 44 | 156–207 | 275 |
| | | | | | 350 | 127 | — | — | — | — | — | — |
| Нормализация Отпуск | 850–890 630–690 | Воздух Воздух | До 100 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | | | |
| | | | | По ГОСТ 1050–88 | | | | | | ≤ 163 | — | |

Примечания.

1. Для крепежных деталей с диаметром или стороной заготовки более 80 мм допускается снижение $\sigma_{0,2}$ на 20 Н/мм².
2. Допускается изготавливать сферические шайбы с механическими свойствами по ГОСТ 1050–88.
3. Режимы отпуска являются рекомендуемыми и могут назначаться по согласованию с головной материаловедческой организацией. Режимы закалки и нормализации могут уточняться по согласованию с головной материаловедческой организацией.
4. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 275; для гаек, плоских подкладных и сферических шайб по ГОСТ 1050–88.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НRC | НВ |
|-----|--|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и низкий отпуск | | Вода | Образцы | Не определяются | | | | | Поверхности 35–40 | — |

| 35 | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|-------------|-----------------|--|---|---|------|------|------|------|------------------------------|---|
| НД | Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка | |
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 50 | - 60 | | |
| [1] | 250 | 150 | 10 ⁷ | Нормализация с 850–890°С, отпуск при 650–680°С | 64 | — | 48 | 46 | 14 | 12 | Нормализация с 850°С, воздух | |
| [4] | 265 | — | 10 ⁷ | | | | | | | | | Нормализация с 850°С, $\sigma_b = 570$ Н/мм ² |
| | 245 | 147 | 10 ⁷ | | | | | | | | | Нормализация с 850–890°С, отпуск при 650–680°С |
| | 402 | — | 10 ⁷ | | | | | | | | | Закалка с 850°С, отпуск при 650°С, $\sigma_b = 710$ Н/мм ² |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----------|--|-------|-------------------|-------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1, 4, 6] | После горячей прокатки | | | Образец | 200 | 300 | 580 | 9 | 39 | 78 | — |
| | | | | | 300 | 205 | 580 | 21 | 52 | 69 | — |
| | | | | | 400 | 185 | 500 | 23 | 64 | 59 | — |
| | | | | | 500 | 145 | 350 | 24 | 70 | 39 | — |
| | | | | | 600 | 78 | 195 | 35 | 83 | 69 | — |
| | После прокатки. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с | | | Образец Ø 6 длина 30 | 700 | 100 | 150 | 34 | 75 | — | — |
| | | | | | 800 | 69 | 110 | 56 | 100 | — | — |
| | | | | | 900 | 55 | 74 | 54 | 100 | — | — |
| | | | | | 1000 | 30 | 51 | 69 | 100 | — | — |
| | | | | | 1100 | 21 | 39 | 74 | 100 | — | — |
| | 1200 | 15 | 27 | 85 | 100 | — | — | | | | |
| | 1300 | 18 | 23 | 58 | 100 | — | — | | | | |

Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{отп.} , °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|--------|----------------------|-------|-------------------|-------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4, 6] | Закалка | 850 | Вода | Заготовка Ø 60 | 200 | 600 | 760 | 13 | 60 | 29 | 226 |
| | | | | | 300 | 560 | 735 | 14 | 63 | 29 | 212 |
| | | | | | 400 | 520 | 690 | 15 | 64 | 98 | 200 |
| | | | | | 500 | 470 | 660 | 17 | 67 | 137 | 189 |
| | | | | | 600 | 410 | 620 | 18 | 71 | 176 | 175 |
| | | | | | 700 | 340 | 580 | 19 | 73 | 186 | 162 |

Технологические характеристики [1, 6]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|---|--|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1280–750 | Поковки всех размеров ответственного назначения | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | До 800 | На воздухе |
| Заготовка | 1280–750 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и ЭШ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. КТ — без ограничений | В горячекатаном состоянии при ≤ 187 НВ и $\sigma_b = 520$ Н/мм ² $K_v = 1,26$ (твердый сплав), $K_v = 1,2$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|----------------------------|---|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|---------|----|----|----|-------|
| 40 | | Сортовой прокат — ГОСТ 1050–88, ГОСТ 10702–78. Лист — ГОСТ 1577–93, ГОСТ 4041–71, ГОСТ 16523–97. Полоса — ГОСТ 1577–93. Лента — ГОСТ 2284–79, ГОСТ 10234–77. Проволока — ГОСТ 5663–79. Поковки — ГОСТ 8479–70, ТУ 108.11.890–87. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | | | |
| 0,37–0,45 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 730 | 790 | 690 | 780 | | | | | |
| Примечание. По ТУ 108.11.890–87 содержание Cr, Ni и Cu – не более 0,40%. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KU, Дж | НВ | не менее или в пределах | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1050–88 | В горячекатаном состоянии | | | Не определяются | | | | | | | | | — | ≤ 217 | | | | |
| | В отожженном состоянии | | | — | | | | | | | | | 510 | 14 | 40 | — | — | ≤ 187 |
| | Нормализация | 870 | Воздух | До 80 | 335 | 570 | 19 | 45 | 59 | — | — | — | — | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 250 | 335 | 570 | 17 | 40 | 59 | — | — | — | | | | | | |
| | Закалка | 830–870 | Вода или масло | До 16 ¹ | 460 | 650–800 | 16 | — | — | — | 20 | — | — | | | | | |
| | | | | От 16 до 40 ¹ | 400 | 630–780 | 18 | — | — | — | 20 | — | | | | | | |
| | Отпуск | 550–600 | Воздух | От 40 до 100 ¹ | 355 | 600–750 | 19 | — | — | — | 20 | — | — | | | | | |
| Прокат калиброванный в нагартованном состоянии | | | ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–75 | — | 610 | 6 | 35 | — | — | — | — | ≤ 241 | | | | | | |
| Прокат калиброванный в отожженном или высокоотпущенном состоянии | | | ГОСТ 14955–77 | — | 510 | 14 | 40 | — | — | — | — | ≤ 197 | | | | | | |
| ¹ Значения механических свойств приведены для проката круглого сечения. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Размеры сечения и вида проката регламентируются соответствующими ГОСТами. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокат с ультразвуковым контролем внутренних дефектов по ГОСТ 21120–75. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокат с нормированной в баллах макроструктурой в соответствии с требованиями, указанными в таблице. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Макроструктура стали в баллах, не более | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Центральная пористость | Точечная неоднородность | Ликвационный квадрат | Общая пятнистая ликвация | Краевая пятнистая ликвация | Подсадочная ликвация для проката размером | | Подкорковые пузыри | Межкристаллитные трещины | | | | | | | | | | |
| | | | | | до 70 мм | свыше 70 мм | | | не допускаются | | | | | | | | | |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| Для проката размером 70 мм и более с качеством поверхности группы ЗГП допускаются подкорковые пузыри балла 2 на глубину не более 1/2 допуска на диаметр или толщину. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KV, Дж | HRC | НВ | не менее или в пределах | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577–93 | Лист. Без термической обработки, после контролируемой прокатки или нормализованный | | | До 20 | — | 560 | 20 | — | — | — | — | ≤ 217 | | | | | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | — | 560 | 18 | — | — | — | — | ≤ 217 | | | | | | |
| | | | | Свыше 32 до 160 | — | 560 | 17 | — | — | — | — | ≤ 217 | | | | | | |
| | Лист отожженный или высокоотпущенный | | | До 20 | — | 520 | 21 | — | — | — | — | ≤ 187 | | | | | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | — | 520 | 19 | — | — | — | — | ≤ 187 | | | | | | |
| | | | | Свыше 32 до 160 | — | 520 | 18 | — | — | — | — | ≤ 187 | | | | | | |
| | Лист, полоса | | | До 16 | 320 | 530–720 | 19 | — | — | — | — | — | ≤ 217 | | | | | |
| Нормализация | 850–880 | Воздух | 17 ² | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | От 16 до 100 | | | | 290 | | | | | | | 530–720 | 19 | — | — | — |
| Лист, полоса | | | До 16 | 460 | 650–800 | 17 | — | — | — | — | — | ≤ 217 | | | | | | |
| Отпуск | 540–680 | Воздух | | | | 15 ² | | | | | | | | | | | | |
| Закалка | | | До 16 | 460 | 650–800 | 16 | 35 | 30 | — | — | — | — | | | | | | |
| Отпуск | 830–860 840–870 | Вода Масло | | | | Свыше 16 до 40 | | | | | | | 400 | 630–780 | 18 | 40 | 30 | — |
| | | | Свыше 40 до 100 | 350 | 600–750 | 19 | 45 | 30 | — | — | | | | | | | | |

| 40 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KV, Дж | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577-93 | Полоса нормализованная | | | До 20 | 335 | 570 | 19 | 45 | — | — | — | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | 335 | 570 | 17 | 45 | — | — | — | |
| | | | | Свыше 32 до 60 | 335 | 570 | 16 | 45 | — | — | — | |
| ² Поперечные образцы. | | | | | | | | | | | | |
| Ультразвуковой контроль сплошности проката (нормы сплошности по ГОСТ 22727-88). | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 2284-79 | Лента отожженная | | | 0,1-4,0 | — | 440-690 | 14 | — | — | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4041-71 | Лист в термически обработанном состоянии | | | 4,0-14,0 | — | 510-660 | 21 | — | — | — | ≤ 167 | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5663-79 | Проволока без термической обработки | | | 1 класс | φ 1,0-6,0 | — | 560-710 | — | 55 | — | — | |
| | | | | 2 класс | φ 1,0-6,0 | — | 740 | — | 40 | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | КП | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479-70 | Нормализация | ПС | 300-500 | 215 | 430 | 18 | 40 | 44 | 123-167 | 215 | | |
| | | | 500-800 | 215 | 430 | 16 | 35 | 39 | | | | |
| | | | 100-300 | 245 | 470 | 19 | 42 | 39 | | | 143-179 | 245 |
| | | | 300-500 | 245 | 470 | 17 | 35 | 34 | | | | |
| | Закалка Отпуск | ПС | 300-500 | 275 | 530 | 20 | 40 | 44 | 156-197 | 275 | | |
| | | | 100-300 | 275 | 530 | 17 | 38 | 34 | | | | |
| | | | 300-500 | 275 | 530 | 15 | 32 | 29 | | | 156-197 | 275 |
| | | | 500-800 | 275 | 530 | 13 | 30 | 29 | | | | |
| 100-300 | 315 | 570 | 14 | 35 | 34 | 167-207 | 315 | | | | | |
| До 100 | 345 | 590 | 18 | 45 | 59 | 174-217 | 345 | | | | | |
| Попковки в зависимости от назначения разделяются на группы. | | | | | | | | | | | | |
| Попковки IV и V группы с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 10234-77 | Отжиг | | | s 0,1-4,0 ширина 0,5-12 | — | 690 | 10 | — | — | — | — | |

| 40 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------------|---|---|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--------|----------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10702–78 | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 163 |
| | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности без термической обработки | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 217 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии (после отпуска или обычного отжига и сфероидизирующего отжига) | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ³ | — — | ≤ 590 + | — — | ≥ 40 — | — — | — — | ≤ 197 ≤ 197 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ³ | — | + | + | + | — | — | ≤ 241 |

³ Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

Знак "+" означает, что механические свойства и твердость определяют для накопления данных и результаты испытаний указывают в документе о качестве.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------|---|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 16523–97 | Термически обработанный горячекатаный лист | | | До 2,0 | — | 490–720 | 12 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 490–720 | 13 | — | — | — | — |
| | Термически обработанный холоднокатаный лист | | | До 2,0 | — | 490–720 | 13 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 490–720 | 14 | — | — | — | — |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
|---------------|-----------------------------------|---------|-------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Категория III. Углеродистые стали | | | Болты, шпильки, пробки и хомуты | | | | | | | |
| | Нормализация или закалка | 850–890 | Воздух | До 60 | 294 | 549 | 18 | 40 | 49 | 163–197 | — |
| | | | | Свыше 60 до 100 | 294 | 549 | 18 | 40 | 39 | 163–197 | — |
| | Отпуск | 600–680 | Воздух | Свыше 100 до 300 | 294 | 549 | 16 | 37 | 34 | 163–197 | — |
| До 300 | | | | — | — | — | — | — | ≤ 156 | — | |

Примечания.

1. Указанный режим отпуска допускается уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
3. Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали, а также гаяк из стали с твердостью не более 163 НВ. При этом твердость гаяк должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.
4. Твердость гаяк допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.
5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше $10^4/\sigma_b$ (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

| 40 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | |
|-------------|-------------------------------|---|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| Марка стали | НД | Предельные параметры | | | | | |
| | | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | Гайки | | Шайбы | |
| | | Температура среды, °С | Условное давление P_y , Н/мм ² | Температура среды, °С | Условное давление P_y , Н/мм ² | Температура среды, °С | Условное давление P_y , Н/мм ² |
| 40 | ГОСТ 1050–88 ГОСТ 10702–78 | До 425 | 10 | До 425 | 20 | — | — |

Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------------------|---|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.890–87 | Термическая обработка | | | До 800 | 245 | 470 | 15 | 30 | 34 | — | 143–179 |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и отпуск при 160–180°С | | | Образцы | Не определяются | | | | Поверхности 40–53 | — | |

Назначение. Крепежные детали котлов и трубопроводов ТЭС, АЭС, паровых и газовых турбин. Оси, коленчатые валы, вал-шестерни, штоки, шестерни, бандажки, детали турбин, детали арматуры, шатуны, шпиндели, звездочки, распределительные валики, болты, головки цилиндров, шпонки, фрикционные диски, плунжеры и др. Корпусные детали газовых турбин, цельнокованные валы гидравлических турбин.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 350°С (ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | Термообработка |
|-----|--|-------------|-----------------|---|---|---|------|------|--|
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | – 40 | – 80 | |
| [1] | 317 | — | 10 ⁷ | Закалка с 850°С в воде, отпуск при 570°С | 80 | — | 56 | 52 | Закалка с 850°С в воде, отпуск при 400°С |
| | 393 | — | 10 ⁷ | Закалка 845°С, вода, отпуск 550°С; $\sigma_b = 710$ Н/мм ² | | | | | |
| [4] | 231 | — | 10 ⁷ | Отжиг 850°С; $\sigma_{0,2} = 275$ Н/мм ² ; $\sigma_b = 520$ Н/мм ² | | | | | |
| | 393 | — | 10 ⁷ | Закалка 845°С, вода; отпуск 550°С; $\sigma_{0,2} = 600$ Н/мм ² ; $\sigma_b = 710$ Н/мм ² ; 209 HB | | | | | |
| | 230 | — | 10 ⁷ | Закалка 845°С, масло; отпуск 430°С; $\sigma_{0,2} = 415$ Н/мм ² ; $\sigma_b = 630$ Н/мм ² | | | | | |

Механические свойства в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HB |
|-----|------------------------|------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Нормализация Отпуск | 850 650 | Воздух Воздух | Образцы | 20 | 363 | 657 | 24 | 50 | 59 | — |
| | | | | | 200 | 275 | 588 | 20 | 51 | 88 | — |
| | | | | | 300 | 263 | 537 | 25 | 47 | 88 | — |
| | | | | | 500 | 226 | 343 | 27 | 68 | 59 | — |
| | | | | | 600 | 128 | 177 | 27 | 52 | 88 | — |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HB |
|--------|--|-------|-------------------|-------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4, 6] | После прокатки. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с | | | Образец ø 6 длина 80 | 700 | 99 | 140 | 48 | 85 | — | — |
| | | | | | 800 | 70 | 110 | 53 | 97 | — | — |
| | | | | | 900 | 54 | 71 | 55 | 100 | — | — |
| | | | | | 1000 | 28 | 58 | 69 | 100 | — | — |
| | | | | | 1100 | 24 | 37 | 60 | 100 | — | — |
| | | | | | 1200 | 16 | 26 | 87 | 100 | — | — |
| | | | | | 1300 | 12 | 18 | 56 | 100 | — | — |

| 40 | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------|-------------------|------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Отжиг | 880 | Воздух или печь | Пруток Образцы продольные | 20 | 295 | 505 | 33 | 57 | — | — |
| | | | | | 200 | 260 | 540 | 23 | 56 | — | — |
| | | | | | 250 | 195 | 505 | 32 | 63 | — | — |
| | | | | | 500 | 170 | 290 | 44 | 81 | — | — |
| | | | | | 600 | 110 | 160 | 54 | 88 | — | — |
| | | | | | 20 | 415 | 710 | 22 | 47 | 55 | — |
| | Нормализация | 840–850 | Воздух | | 200 | 360 | 700 | 14 | 43 | 85 | — |
| | | | | | 400 | 305 | 600 | 23 | 66 | 70 | — |
| | | | | | 500 | 260 | 400 | 21 | 56 | 45 | — |
| | | | | | 20 | 350 | 650 | 21 | 39 | 60 | — |
| | Нормализация Отпуск | 840–860 650 | Воздух Воздух | | 200 | 280 | 605 | 30 | 51 | 95 | — |
| | | | | | 300 | 275 | 600 | 13 | 34 | 95 | — |
| | | | | | 400 | 255 | 520 | 24 | 65 | 90 | — |
| | | | | | 500 | 230 | 355 | 27 | 68 | 65 | — |
| | | | | | 600 | 125 | 180 | 27 | 52 | 90 | — |
| | | | | | 20 | 505 | 720 | 22 | 66 | 130 | — |
| | Закалка Отпуск | 830–850 650 | Масло Воздух | | 200 | 445 | 710 | 18 | 62 | 165 | — |
| | | | | | 300 | 420 | 695 | 23 | 71 | 160 | — |
| | | | | | 400 | 365 | 465 | 25 | 80 | 130 | — |
| | | | | | 500 | 305 | 330 | 22 | 81 | 90 | — |
| 600 | | | | 160 | 170 | 91 | 71 | — | — | | |

Механические свойства стали (крупные поковки) при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | |
|-----|----------------------|---------|------------------------------------|--|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|---|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [5] | Закалка | 850–870 | Масло | Диск ø 750 Толщина до 70 Образцы тангенциальные | 20 | 340 | 590 | 25 | 58 | 90 | — | | |
| | | | | | 100 | 320 | 550 | 22 | 63 | 150 | — | | |
| | Отпуск | 600–640 | С печью до 400°C, далее на воздухе | | 200 | 305 | 550 | 25 | 63 | 160 | — | | |
| | | | | | 300 | 290 | 620 | 19 | 43 | 155 | — | | |
| | | | | | 350 | 270 | 550 | 25 | 66 | — | — | | |
| | | | | | 400 | 260 | 500 | 26 | 72 | 125 | — | | |
| | | | | | 425 | 250 | 400 | 25 | 75 | 125 | — | | |
| | | | | | 450 | 250 | 380 | 28 | 74 | 100 | — | | |
| | | | | | 500 | 210 | 300 | 23 | 78 | 100 | — | | |
| | 550 | 150 | 180 | | 25 | 77 | 100 | — | | | | | |
| | 600 | 130 | 165 | | 27 | 77 | 160 | — | | | | | |
| | ПС | | | | Образцы радиальные и осевые от обода и втулки | 20 | 320 | 600 | 20 | — | 50 | — | |

Механические свойства стали в зависимости от сортамента

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--|----------------------|-------|-------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация | | | ø 80 | Сортовой прокат | | | | | | |
| | | | | | 340 | 580 | 19 | 46 | 60 | — | — |
| | | | | 4 | Лист холоднокатанный | | | | | | |
| | | | | | — | 520 | 18 | — | — | — | — |
| | | | | 4 | Лист горячекатанный | | | | | | |
| | | | | | — | 520 | 17 | — | — | — | — |
| | | | | 60 | Лист | | | | | | |
| | | | | | — | 570 | 20 | — | — | — | — |
| | | | | Трубы горячекатаные | | | | | | | |
| | | | | 340 | 600 | 16 | — | — | — | — | |
| Трубы холоднокатаные и нормализованные | | | | | | | | | | | |
| 320 | 580 | 17 | — | — | — | — | | | | | |

| 40 | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|
| Механические свойства после закалки при различных температурах отпуска | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{отп} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4, 6] | Закалка | 850 | Масло | Образцы | 200 | 750 | 930 | 7 | 45 | 29 | 267 |
| | | | | | 300 | 710 | 860 | 8 | 51 | 69 | 247 |
| | | | | | 400 | 640 | 790 | 10 | 57 | 88 | 225 |
| | | | | | 500 | 550 | 730 | 12 | 62 | 127 | 208 |
| | | | | | 600 | 450 | 660 | 16 | 66 | 167 | 188 |
| | | | | | 700 | 380 | 620 | 17 | 71 | 206 | 170 |

| Механические свойства после длительного старения | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|-------------------------|-------------------|-------------|--------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | t, °С | τ, ч | | | | | | |
| [5] | Нормализация Отпуск | 840–860 650, 3 ч | Воздух Воздух | Пруток | Исходное состояние | | Образцы продольные | | | | | |
| | | | | | | | 375 | 670 | 24 | 50 | 60 | — |
| | | | | | 450 | 10000 | 370 | 660 | 26 | 52 | 50 | — |
| | | | 450 | 30000 | 350 | 605 | 13 | 20 | — | — | | |
| | Закалка Отпуск | 850–870 620–630, 3 ч | Масло Воздух | Диск | Исходное состояние | | Образцы тангенциальные | | | | | |
| | | | | | | | 340 | 600 | 25 | 58 | 90 | — |
| | | | | | 450 | 10 | 350 | 600 | 25 | 60 | 67 | — |
| | | | | | 450 | 30 | 320 | 540 | 22 | 55 | 72 | — |
| | | | | | 450 | 42,5 | 350 | 560 | 28 | 60 | 90 | — |
| | | | | | 500 | 10 | 320 | 520 | 22 | 60 | 65 | — |
| | | 500 | 30 | 300 | 415 | 30 | 60 | 130 | — | | | |

| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | |
|---|-------|---|-------------------|--|
| НД | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁵ |
| [4, 6] | 400 | 250 | 190 | 103 |
| | 450 | 140 | 97 | 50 |
| | 500 | 70 | 44 | 30 |

| Релаксационная стойкость стали | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------|-------|-------------------|-------|------------------------------------|--|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | σ ₀ , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ _r , Н/мм ² , за время τ, ч | | | | | | | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | 25 | 100 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 5000 | | 10000 |
| [5] | Отжиг | 880 | | 400 | 120 | 94 | 91 | 83 | 81 | 79 | 78 | (70) | (59) | — |
| | | | | 400 | 150 | 106 | 99 | 90 | 89 | 88 | 87 | (80) | (70) | — |

В скобках приведены значения, полученные экстраполяцией.

| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|--|---|--|--|--|--|----------------------------------|--------|--|------------|--|--|--|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1250–780 | Поковки всех размеров: ответственного назначения | | | | | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | | До 400 | | На воздухе | | | |
| Заготовка | 1250–800 | остальные | | | | | На воздухе | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокочувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и ЭШ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. КТ — без ограничений | | | | В горячекатаном состоянии при 170 НВ и σ _в = 530 Н/мм ² K _v = 1,2 (твердый сплав), K _v = 1,05 (быстрорежущая сталь) | | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | Вид поставки | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
|---|--|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|-----------------|--|-----------------|-----------------|--|
| 45 | Сортовой прокат — ГОСТ 1050–88, ГОСТ 10702–78. Лист — ГОСТ 1577–93, ГОСТ 16523–97. Полоса — ГОСТ 1577–93. Лента — ГОСТ 2284–79. Покówki — ГОСТ 8479–70, ТУ 108.11.399–87, ТУ 108.11.496–80, ТУ 108.11.890–87, ТУ 108.11.910–87, ТУ 108.13.32–88. Трубы — ГОСТ 8731–74, ГОСТ 8733–74, ГОСТ 13663–86. Проволока — ГОСТ 5663–79. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78. | | | | | | | | | | | | | |
| | Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050–88, ТУ 108.11.890–87 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,42–0,50 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 730 | 755 | 690 | 780 | |
| Примечания. По ТУ 108.11.890–87 содержание Cr, Ni и Cu – не более 0,40%. По ГОСТ 1050–88 в стали, предназначенной для изготовления патентированной проволоки, массовая доля элементов должна быть следующей: Mn 0,30–0,60%, Ni — не более 0,15%, Cr — не более 0,15%, Cu — не более 0,20%, S и P — соответственно требованиям стандартов на проволоку, но не превышать 0,040% S и P — не более 0,035%; в прокате, заготовках, поковках и изделиях дальнейшего передела допускаются отклонения по химическому составу: C ± 0,01%; Si ± 0,02%, Mn ± 0,03; P + 0,005%. | | | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КУ, Дж/см ² | КУ, Дж | НВ |
|--|--|---------|-------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|------------------------|--------|-------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 1050–88 | В горячекатаном состоянии | | | Не определяются | | | | | | | |
| | В отожженном состоянии | | | Не определяются | | | | | | | |
| | Нормализация | 860 | Воздух | До 80 | 355 | 600 | 16 | 40 | 49 | — | — |
| | | | | Свыше 80 до 250 | 355 | 600 | 14 | 35 | 49 | — | — |
| | Закалка | 820–860 | Вода или масло | До 16 ¹ | 490 | 700–850 | 14 | — | — | 15 | — |
| | | | | От 16 до 40 ¹ | 430 | 650–800 | 16 | — | — | 15 | — |
| | Отпуск | 550–600 | Воздух | От 40 до 100 ¹ | 375 | 630–780 | 17 | — | — | 15 | — |
| | Прокат калиброванный в нагартованном состоянии | | | ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–75 | — | 640 | 6 | 30 | — | — | ≤ 241 |
| Прокат калиброванный в отожженном или высокоотпущенном состоянии | | | ГОСТ 14955–77 | — | 540 | 13 | 40 | — | — | ≤ 207 | |

¹ Значения механических свойств приведены для проката круглого сечения.

Размеры сечения и вида проката регламентируются соответствующими ГОСТами.

Прокат с ультразвуковым контролем внутренних дефектов по ГОСТ 21120–75.

Прокат с нормированной в баллах макроструктурой в соответствии с требованиями, указанными в таблице.

Макроструктура стали в баллах, не более

| Центральная пористость | Точечная неоднородность | Ликвационный квадрат | Общая пятнистая ликвация | Краевая пятнистая ликвация | Подусадочная ликвация для проката размером | | Подкорковые пузыри | Межкристаллитные трещины |
|------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------|--|-------------|--------------------|--------------------------|
| | | | | | до 70 мм | свыше 70 мм | | |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | не допускаются | |

Для проката размером 70 мм и более с качеством поверхности группы ЗГП допускаются подкорковые пузыри балла 2 на глубину не более 1/2 допуска на диаметр или толщину.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KV, Дж | HRC | НВ |
|--------------|--|-------|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|--------|-----|-------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577–93 | Лист. Без термической обработки, после контролируемой прокатки или нормализованный | | | До 20 | — | 590 | 18 | — | — | — | ≤ 229 |
| | | | | Свыше 20 до 32 | — | 590 | 16 | — | — | — | ≤ 229 |
| | | | | Свыше 32 до 160 | — | 590 | 15 | — | — | — | ≤ 229 |
| | Лист отожженный или высокоотпущенный | | | До 20 | — | 550 | 19 | — | — | — | ≤ 197 |
| | | | | Свыше 20 до 32 | — | 550 | 17 | — | — | — | ≤ 197 |
| | | | | Свыше 32 до 160 | — | 550 | 16 | — | — | — | ≤ 197 |

| 45 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|--------------|----------------------|---|-------------------|---------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------|--------|-----|-------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KV, Дж | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577-93 | Лист, полоса | | | До 16 | 340 | 580-770 | 17 | — | — | — | ≤ 229 |
| | ----- | | | | | | 15 ² | | | | |
| | Нормализация | 840-870 | Воздух | От 16 до 100 | 305 | 580-770 | 17 | — | — | — | ≤ 229 |
| | | | | | | | 15 ² | | | | |
| | ----- | | | От 100 до 160 | 275 | 560-750 | 15 | — | — | — | ≤ 229 |
| | ----- | | | | | | 13 ² | | | | |
| | Лист, полоса | | | До 16 | 500 | 700-850 | 14 | 35 | 25 | — | — |
| Закалка | 820-850 830-860 | Вода Масло | Свыше 16 до 40 | 430 | 650-800 | 16 | 40 | 25 | — | — | |
| Отпуск | 540-680 | Воздух | Свыше 40 до 100 | 370 | 630-780 | 17 | 45 | 25 | — | — | |
| ----- | | | До 20 | 355 | 600 | 16 | 40 | — | — | — | |
| ----- | | | Свыше 20 до 32 | 355 | 600 | 14 | 40 | — | — | — | |
| ----- | | | Свыше 32 до 60 | 355 | 600 | 13 | 40 | — | — | — | |

² Поперечные образцы.

Ультразвуковой контроль сплошности проката (нормы сплошности по ГОСТ 22727-88).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------|-------------------------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 2284-79 | Лента отожженная | | | 0,1-4,0 | — | 440-690 | 14 | — | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5663-79 | Проволока без термической обработки | | | 1 класс | — | 560-710 | — | 55 | — | — | — |
| | ----- | | | 2 класс | — | 740 | — | 40 | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | КП |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479-70 | Нормализация | ПС | 100-300 | 245 | 470 | 19 | 42 | 39 | 143-179 | 245 | |
| | | | 300-500 | 245 | 470 | 17 | 35 | 34 | | | |
| | | | 500-800 | 245 | 470 | 15 | 30 | 34 | | | |
| | | | До 100 | 275 | 530 | 20 | 40 | 44 | | | 156-197 |
| | ----- | | | 100-300 | 275 | 530 | 17 | 38 | 34 | 167-207 | 315 |
| | ----- | | | До 100 | 315 | 570 | 17 | 38 | 39 | | |
| | ----- | | | 300-500 | 275 | 530 | 15 | 32 | 29 | | |
| Закалка Отпуск | ПС | 100-300 | 315 | 570 | 14 | 35 | 34 | 167-207 | 315 | | |
| | | 300-500 | 315 | 570 | 12 | 30 | 29 | | | | |
| | | До 100 | 345 | 590 | 18 | 45 | 59 | | | 174-217 | 345 |
| | | 100-300 | 345 | 590 | 17 | 40 | 54 | | | | |
| ----- | | | До 100 | 395 | 615 | 17 | 45 | 59 | 187-229 | 395 | |

Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы.

По механическим свойствам поковки, поставляемые после окончательной термической обработки, разделяются на категории прочности. Категории прочности, соответствующие им нормы механических свойств, определяемые при испытании на продольных образцах, и нормы твердости приведены в таблице.

Нормы твердости для поковок II и III групп и категории прочности для поковок IV и V групп устанавливаются по соглашению изготовителя с потребителем. Марка стали для всех групп устанавливается по соглашению изготовителя с потребителем и указывается на чертеже детали и поковки.

По требованию потребителя временное сопротивление должно быть выше указанной в таблице для заданной категории прочности, не более:

120 Н/мм² при требуемом σ_b менее 600 Н/мм²,

150 Н/мм² при требуемом σ_b 600-900 Н/мм²,

200 Н/мм² при требуемом σ_b более 900 Н/мм².

Поковки IV и V группы с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3. Группу качества поковок по результатам УЗК устанавливают в соответствии с ГОСТ 24507-80 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| 45 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|--|--|---|-------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|----------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 8731-74 | Горячедеформированные трубы в термически обработанном состоянии | | | ø 20-820 s 2,5-36 | 323 | 588 | 14 | — | — | — | ≤ 207 |
| ГОСТ 8733-74 | Холодно- и теплодеформированные трубы в термически обработанном состоянии | | | ø 5-250 s 0,3-24 | 323 | 588 | 14 | — | — | — | ≤ 207 |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10702-78 | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии | | | Круглый от 5 до 45 Шести-гранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 170 |
| | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности без термической обработки | | | Круглый от 5 до 45 Шести-гранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 229 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии (после обычного отжига или сфероидизирующего) | | | Круглый от 3 до 42 Шести-гранный от 7 до 40 ³ | — | ≤ 590 + | — | ≥ 40 — | — | — | ≤ 207 ≤ 207 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии | | | Круглый от 3 до 42 Шести-гранный от 7 до 40 ³ | — | + | — | + | — | — | ≤ 241 |
| ³ Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм. | | | | | | | | | | | |
| Знак "+" означает, что механические свойства и твердость определяют для накопления данных и результаты испытаний указывают в документе о качестве. | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 16523-97 | Термически обработанный горячекатаный лист | | | До 2,0 | — | 490-720 | 12 | — | — | — | 490В |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 490-720 | 13 | — | — | — | 490В |
| | Термически обработанный холоднокатаный лист | | | До 2,0 | — | 490-720 | 13 | — | — | — | 490В |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 490-720 | 14 | — | — | — | 490В |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700-75 | Категория III. Углеродистые стали | | | Болты, шпильки, пробки и хомуты | | | | | | | |
| | Нормализация или закалка | 830-870 | Воздух | До 60 | 314 | 578 | 17 | 38 | 49 | 167-217 | 315 |
| | | | | Свыше 60 до 100 | 314 | 578 | 17 | 38 | 39 | 167-217 | 315 |
| | Отпуск | 600-680 | Воздух | Свыше 100 до 300 | 314 | 578 | 14 | 35 | 34 | 167-217 | 315 |
| До 300 | | | | — | — | — | — | — | ≤ 163 | — | |

Примечания.

1. Указанный режим отпуска допускается уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
3. Допускается выполнение комплектов «шпилька-гайка», «болт-гайка» из различных марок стали, а также гаек из стали с твердостью не более 187 НВ. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.
4. Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.

45

Механические свойства при комнатной температуре

5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше $10^4/\sigma_b$ (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454-78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

| Марка стали | НД | Предельные параметры | | | | | |
|-------------|-------------------------------|--------------------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| | | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | Гайки | | Шайбы | |
| | | Температура среды, °С | Условное давление P_u , Н/мм ² | Температура среды, °С | Условное давление P_u , Н/мм ² | Температура среды, °С | Условное давление P_u , Н/мм ² |
| 45 | ГОСТ 1050-88 ГОСТ 10702-78 | До 425 | 10 | До 425 | 20 | До 450 | Не ограничено |

Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ | КП | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|---------|-------------------|-------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|----------------|-----|---|---|---|---|---|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | Болты, шпильки | | | | | | |
| ГОСТ 23304-78 | Нормализация или закалка | 830-870 | Воздух | До 60 | 20 | 314 | 568 | 17 | 38 | 49 | 167-217 | 315 | | | | | | | |
| | | 830-870 | Вода или масло | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 600-680 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 600-680 | Воздух | До 100 | 20 | 314 | 568 | 17 | 38 | 39 | 167-217 | 315 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | 350 | 167 | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Нормализация или закалка | 830-870 | Воздух | До 100 | | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 830-870 | Вода или масло | По ГОСТ 1050-88 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 630-690 | Воздух | ≤ 187 | | — | | | | | | | | |

Примечания.

1. Для крепежных деталей из стали с диаметром или стороной заготовки более 80 мм допускается снижение предела текучести на 20 Н/мм².

2. Допускается изготавливать сферические шайбы по ГОСТ 1050-88.

3. Режимы отпуска являются рекомендуемыми и могут назначаться по согласованию с головной материаловедческой организацией.

Режимы закалки и нормализации могут уточняться по согласованию с головной материаловедческой организацией.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | | |
|------------------|-----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|----------|--|--|--|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.890-87 | Термическая обработка | | | До 800 | 275 | 530 | 13 | 30 | 29 | — | 156-197 | | | | | | |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | | |
|-----|--|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|-------------------|----------|--|--|--|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [I] | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и низкий отпуск | | Вода | | Не определяются | | | | | | Поверхности 40-56 | — | | | | | |
| | Закалка ⁴ | 830-850 | Масло | До 15 | 650 | 900 | 15 | 40 | 30 | 30-40 | — | | | | | | |
| | Отпуск | 160-180 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 830-850 | Вода | До 20 | 950 | 1200 | 6 | 22 | — | 40-50 | — | | | | | | |
| | Отпуск | 180-200 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | |

⁴ Режим для мелких тонкостенных деталей сложной конфигурации.

Назначение. Крепеж трубопроводов ТЭС, АЭС. Вал-шестерни, коленчатые и распределительные валы, шестерни, шпиндели, бандажи, плунжеры, стойки, колонны, оправки, рычаги, траверсы, хвостовики, цилиндры, кулачки, штуцеры, шайбы, вилки, кронштейны, установочные винты, пальцы, втулки, арматура, детали насосов, тяги, штыри, шпонки, храповики, стропы и другие детали паровых турбин.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Механические свойства в зависимости от сечения

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ | | | | | | |
|--------|--------------------------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|----------|--|--|--|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [4, 6] | Образцы вырезаны из центра заготовки | | | 15 | 640 | 780 | 16 | 50 | 98 | — | | | | | | |
| | Закалка | 850 | Вода | 30 | 540 | 730 | 15 | 45 | 78 | — | | | | | | |
| | Отпуск | 550 | Воздух | 75 | 440 | 690 | 14 | 40 | 59 | — | | | | | | |
| | | | | 100 | 440 | 690 | 13 | 40 | 49 | — | | | | | | |

| 45 | | | Термообработка | НД | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | Термообработка | |
|--------|--|-------------|-----------------|--|---|-------------------------|-------|-------|------|----------------|---|
| НД | Предел выносливости, Н/мм ² | | | | НД | + 20 | - 20 | - 40 | - 60 | | - 80 |
| | σ_{-1} | τ_{-1} | | | | | | | | | |
| [1] | 280 | 170 | 10 ⁷ | Нормализация с 850°C, отпуск при 550–650°C | [1] | 90–94 | 61 | 61 | 49 | 40 | Нормализация и отпуск |
| [4, 6] | 245 | 157 | — | $\sigma_{0,2} = 310$ Н/мм ² ; $\sigma_B = 590$ Н/мм ² | [4, 6] | Пруток диаметром 25 мм | | | | | Горячая прокатка Отжиг Нормализация Закалка + отпуск |
| | 421 | — | — | $\sigma_{0,2} = 680$ Н/мм ² ; $\sigma_B = 880$ Н/мм ² | | 14–15 | 10–14 | 5–14 | 3–8 | — | |
| | 231 | — | — | $\sigma_{0,2} = 270$ Н/мм ² ; $\sigma_B = 520$ Н/мм ² | | 42–47 | 27–34 | 27–31 | 13 | — | |
| | 331 | — | — | $\sigma_{0,2} = 480$ Н/мм ² ; $\sigma_B = 660$ Н/мм ² | | 49–52 | 37–42 | 33–37 | 29 | — | |
| | | | | | | Пруток диаметром 120 мм | | | | | Горячая прокатка Отжиг Нормализация Закалка + отпуск |
| | | | | 110–123 | 72–88 | 36–95 | 31–63 | — | | | |
| | | | | 42–47 | 24–26 | 15–33 | 12 | — | | | |
| | | | | 47–52 | 32 | 17–33 | 9 | — | | | |
| | | | | 76–80 | 45–55 | 49–56 | 47 | — | | | |
| | | | | 112–164 | 81 | 80 | 70 | — | | | |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----------|--|---------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| [1, 4, 6] | Нормализация | 850 | Воздух | Образец | 200 | 340 | 690 | 10 | 36 | 64 | — |
| | | | | | 300 | 255 | 610 | 22 | 44 | 66 | — |
| | | | | | 400 | 225 | 560 | 21 | 65 | 55 | — |
| | | | | | 500 | 175 | 370 | 23 | 67 | 39 | — |
| | | | | | 600 | 78 | 215 | 33 | 90 | 59 | — |
| | Образец кованный и нормализованный. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с | Образец | 700 | 140 | 170 | 43 | 96 | — | — | | |
| | | | ϕ 6 | 800 | 64 | 110 | 58 | 98 | — | — | |
| | | | длина | 900 | 54 | 76 | 62 | 100 | — | — | |
| | | | 30 | 1000 | 34 | 50 | 72 | 100 | — | — | |
| | | | 1100 | 22 | 34 | 81 | 100 | — | — | | |
| 1200 | 15 | 27 | 90 | 100 | — | — | | | | | |

Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{отп} , °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-------|-------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 850 | Вода | Образец ϕ 15 | 450 | 830 | 980 | 10 | 40 | 59 | — |
| | | | | | 500 | 730 | 830 | 12 | 45 | 78 | — |
| | | | | | 550 | 640 | 780 | 16 | 50 | 98 | — |
| | | | | | 600 | 590 | 730 | 25 | 55 | 118 | — |
| | Закалка | 840 | Вода | Заготовка ϕ 60 | 400 | 520–590 | 730–840 | 12–14 | 46–50 | 50–70 | 202–234 |
| | | | | | 500 | 470–520 | 680–770 | 14–16 | 52–58 | 60–90 | 185–210 |
| | | | | | 600 | 410–440 | 610–680 | 18–20 | 61–64 | 90–120 | 168–190 |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных из слитков | | | | из заготовок | |
|-------------------|----------------------------------|---|----------|--|--|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| | | Слиток | 1250–780 | Поковки всех размеров ответственного назначения | | | |
| Заготовка | 1250–750 | Остальные поковки: а) до 400; б) 401–800; в) > 800 | | а) на воздухе; б) отжиг низкотемпературный; в) отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | В горячекатаном состоянии при 170–179 НВ и $\sigma_B = 650$ Н/мм ² K _v = 1,0 (твердый сплав), K _v = 1,0 (быстрорежущая сталь) | Мало чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| 50 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------------|--|---|--|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 16523-97 | Термически обработанный горячекатаный лист | | | До 2,0 | — | 490-720 | 12 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 490-720 | 13 | — | — | — | — |
| | Термически обработанный холоднокатаный лист | | | До 2,0 | — | 490-720 | 13 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 2,0 | — | 490-720 | 14 | — | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и низкий отпуск | | Вода, водный раствор глицерина или масло | — | Не определяются | | | | | Поверхности 40-50 | — |

Назначение. Штоки, плунжеры, шестерни, венцы, бандажы, шпиндели, молотки и др. Рабочие валки блюмингов, слябингов, заготовочных, рельсобалочных, крупносортных, несортных, мелкосортных, штрипсовых и проволочных обжимных и сортовых станов, а также рабочие валки всех размеров листовых станов для горячей прокатки металла.

Сталь склонна к трещинам при закалке в воде.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|--|---|---|------|------|------|------|---|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | - 20 | - 50 | - 60 | - 80 | |
| 285 | 170 | Нормализация с 830-860°C, отпуск при 600-650°C | 50 | — | — | — | 38 | — | Закалка с 850°C в масле, отпуск при 450°C |
| | | | 80 | — | 68 | 52 | — | — | |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
|-----|--|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Скорость деформирования 8 мм/мин; скорость деформации 0,002 1/с | | | Образец | 700 | 87 | 115 | 39 | 97 | — | — |
| | | | | Ø 10 | 800 | 45 | 81 | 45 | 100 | — | — |
| | | | | длина | 900 | 16 | 50 | 43 | 100 | — | — |
| | | | | 50 | 1000 | 11 | 36 | 35 | 100 | — | — |
| | | | | | 1100 | 8 | 28 | 41 | 100 | — | — |
| | | | | | 1200 | 8 | 22 | 49 | 100 | — | — |

| 50 | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|----------|----|
| Механические свойства в зависимости от сечения | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее | |
| [4] | Закалка | 850 | Вода | 50 | 530 | 760 | 15 | 50 | 59 | — | | |
| | Отпуск | 580–600 | Воздух | 120 | 470 | 740 | 13 | 40 | 39 | — | | |
| | | | | 160 | 450 | 740 | 13 | 40 | 39 | — | | |
| | | | | 200 | 430 | 720 | 13 | 35 | 20 | — | | |
| | | | | 101–200 | 305 | 610 | 16 | 38 | 34 | — | | |
| | Нормализация | 830–860 | Воздух | 201–300 | 305 | 610 | 14 | 33 | 29 | — | | |
| | | | | Отпуск | 580–600 | Воздух или печь | 301–500 | 295 | 590 | 12 | 30 | 25 |
| 501–800 | | | | | | | 285 | 570 | 12 | 28 | 20 | — |

| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{отп.} , °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 840 | Вода | ø 40 | 400 | 600 | 830 | 14 | 50 | 64 | 240 |
| | | | | | 500 | 530 | 760 | 15 | 56 | 88 | 215 |
| | | | | | 600 | 450 | 680 | 17 | 64 | 139 | 190 |
| | Закалка | 840 | Вода | ø 60 | 400 | 550 | 770 | 14 | 48 | 56 | 217 |
| | | | | | 500 | 490 | 710 | 15 | 55 | 70 | 200 |
| | | | | | 600 | 420 | 630 | 19 | 63 | 108 | 180 |

| Пределы ползучести | | | |
|--------------------|-------|--|-------------------|
| НД | t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [4] | 400 | 147 | 103 |
| | 500 | 43 | 27 |

| Технологические характеристики [1] | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|---|--|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1250–800 | Поковки всех размеров ответственного назначения | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | До 400 | На воздухе |
| Заготовка | 1250–800 | Остальные поковки: а) до 400; б) 401–800; в) > 800 | а) на воздухе; б) отжиг низкотемпературный; в) отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокочувствительность |
|---|--|---|
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | В горячекатаном состоянии при 196–202 НВ и $\sigma_{в} = 650$ Н/мм ² $K_v = 1,0$ (твердый сплав), $K_v = 0,7$ (быстрорежущая сталь) | Мало чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|--|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 55 | | Сортовой прокат — ГОСТ 1050–88. Поковки — ГОСТ 8479–70. Лист — ГОСТ 1577–93. Лента — ГОСТ 2284–79. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,52–0,60 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 725 | 755 | 690 | 750 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 1050–88 | В горячекатаном состоянии | | | До 250 | Не определяются | | | | | | | | ≤ 255 |
| | В отожженном состоянии | | | До 250 | | | | | | | | | ≤ 217 |
| | Нормализация | 850 | Воздух | До 80 | 380 | 650 | 13 | 35 | — | — | | — | |
| | | | | Свыше 80 до 250 | 380 | 650 | 11 | 30 | — | — | | — | |
| Закалка | 805–850 | Вода или масло | До 16 | 550 | 800–950 | 12 | — | — | | | | | |
| Отпуск | 550–600 | Воздух | От 16 до 40 | 490 | 750–900 | 14 | — | — | | | | | |
| | | | От 40 до 100 | 420 | 700–850 | 15 | — | — | | | | | |
| ГОСТ 1577–93 | Нормализация | 830–860 | Воздух | До 16 | 370 | 630–870 | 15 13 ¹ | — | — | | | | |
| | | | | От 16 до 100 | 330 | 630–870 | 15 13 ¹ | — | — | | | ≤ 255 | |
| | | | | От 100 до 160 | 300 | 610–850 | 13 11 ¹ | — | — | | | | |
| | Закалка | 805–835 | Вода | До 16 | 550 | 800–950 | 12 | 30 | — | | | | |
| | | | | Свыше 16 до 40 | 500 | 750–900 | 14 | 35 | — | | | | |
| Отпуск | 540–680 | Воздух | Свыше 40 до 100 | 430 | 700–850 | 15 | 40 | — | | | | | |

| 55 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|--------------|----------------------|---|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 2284-79 | Отжиг | | | 0,1-4,0 | — | 440-740 | 13 | — | — | | |
| ГОСТ 8479-70 | Нормализация | | Воздух | До 100 | 490 | 655 | 16 | 45 | 59 | | 212-248 |
| | | | | 100-300 | 315 | 570 | 14 | 35 | 34 | | 167-207 |

¹ Поперечные образцы.

Назначение. Штоки, венцы, цапфы, эксцентрики и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и износостойкости. Рабочие валки блюмингов, слябингов, заготовочных, рельсобалочных, крупносортовых, среднесортовых и мелкосортовых станов и рабочие валки всех размеров листовых станов для горячей прокатки металла. Цельнокованные колеса для вагонов и бандажи подвижного состава железных дорог широкой колеи.

Сталь склонна к трещинам при закалке в воде.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|---|---|----|------|------|------|-------|-------------------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | - 20 | - 50 | - 80 | - 100 | |
| 385 | 223 | Закалка с 790°C в воде, отпуск при 650°C. | 27 | 21 | 18 | 13 | 10 | — | Горячекатаное состояние |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | |
|---------------------|----------------------------------|---|--|--------------------|--------------------|--------|------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | |
| Слиток Заготовка | 1240-800 1240-800 | Поковки всех размеров ответственного назначения | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | | До 400 | На воздухе |
| | | Остальные поковки: а) до 400, б) 401-800, в) > 800 | а) на воздухе, б) отжиг низкотемпературный, в) отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|---|
| Не применяется для сварных конструкций. КТ с последующей термообработкой. | В нормализованном состоянии при 212-225 НВ K _v = 1,00 (твердый сплав), K _v = 0,65 (быстрорежущая сталь) | Мало чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|--|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 60 | | Сортовой прокат — ГОСТ 1050–88. Лист — ГОСТ 1577–93. Лента — ГОСТ 2284–79. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,57–0,65 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 725 | 750 | 690 | 745 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 1050–88 | В горячекатаном состоянии | | | До 250 | Не определяются | | | | | | | ≤ 255 | |
| | В отожженном состоянии | | | До 250 | | | | | | | | ≤ 229 | |
| | Нормализация | 840 | Воздух | До 80 | 400 | 680 | 12 | 35 | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 80 до 250 | 400 | 680 | 10 | 30 | — | — | — | | |
| Закалка | 800–840 | Вода или масло | До 16 | 580 | 850–1000 | 11 | — | — | — | — | | | |
| Отпуск | 550–600 | Воздух | От 16 до 40 | 520 | 800–950 | 13 | — | — | — | — | | | |
| | | | От 40 до 100 | 450 | 750–900 | 14 | — | — | — | — | | | |
| ГОСТ 1577–93 | Нормализация | 820–850 | Воздух | До 16 | 380 | 650–920 | 14 12 ¹ | — | — | — | — | | |
| | | | | От 16 до 100 | 340 | 650–920 | 14 12 ¹ | — | — | — | ≤ 255 | | |
| | | | | От 100 до 160 | 310 | 630–880 | 12 10 ¹ | — | — | — | — | | |
| | Закалка | 800–830 | Вода | До 16 | 580 | 850–1000 | 11 | 25 | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 16 до 40 | 520 | 800–950 | 13 | 30 | — | — | — | | |
| | Отпуск | 540–680 | Воздух | Свыше 40 до 100 | 450 | 750–900 | 14 | 35 | — | — | — | | |

| 60 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|--------------|----------------------|---|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 2284-79 | Отжиг | | | 0,1-4,0 | — | 440-740 | 10 | — | — | | |

¹ Поперечные образцы.

Назначение. Эксцентрики, шпиндели, бандажи, диски сцепления, пружинные кольца амортизаторов, замковые шайбы, регулировочные шайбы, регулировочные прокладки и другие детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и износостойкости. Рабочие валки листовых станов для горячей прокатки металла. Цельнокованые колеса для вагонов и бандажи для подвижного состава железных дорог широкой колеи.

Сталь склонна к трещинам при закалке в воде.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|--|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | |
| 350 | — | При $\sigma_b = 710$ Н/мм ² . | | | | | | | |
| 373 | — | При $\sigma_b = 510$ Н/мм ² . | | | | | | | |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | |
|-------------------|----------------------------------|---|--|--------------------|--------------------|------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | |
| Слиток | 1220-800 | Поковки всех размеров ответственного назначения | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | До 300 | На воздухе |
| | Заготовка | 1220-800 | Остальные поковки: | | | |
| а) до 400, | | | а) на воздухе, | | | |
| б) 401-800, | | | б) отжиг низкотемпературный, | | | |
| | | в) > 800 | в) отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|---|
| Не применяется для сварных конструкций. КТ с последующей термообработкой. | В горячекатаном состоянии при 229 НВ $K_v = 0,75$ (твердый сплав), $K_v = 0,65$ (быстрорежущая сталь) | Мало чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|-------------|--|------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 75 | | Сортовой прокат, фасонный прокат, полоса — ГОСТ 14959–79. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 14959–79 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Примечание | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,72–0,80 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,25 | ≤ 0,20 | Качественная | 720 | 735 | 700 | — |
| | | | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | | | | Высококачественная | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ ¹ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 14959–79 | В горячекатаном состоянии | | | | Не определяются | | | | | — | ≤ 285 | |
| | Закалка Отпуск | 820 470 | Масло Воздух | До 80 | 885 | 1080 | 9 | 30 | | | | |
| | | | | 81–150 | 885 | 1080 | 7 | 25 | — | — | ≤ 241 | |
| 151–250 | 885 | 1080 | 6 | 20 | | | | | | | | |
| ¹ Нормы относительного сужения даны только для круглых образцов. | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Крановые колеса, рессоры и пружины, пружины амортизаторов, замки сцепления, круглые и плоские пружины, пружины клапанов двигателей автомобилей и т.д. | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t °С | | | | | | Термообработка | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | |
| 392 | — | При σ _b = 1085 Н/мм ² . | | | | | | | | | | |
| — | 350–400 | Закалка с 820°С в масле, отпуск при 480°С, воздух. | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | 50–220 | В колодцах | | | 50–220 | В колодцах | | | | | |
| Заготовка | 1180–800 | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. КТ с последующей термообработкой. | | | В горячекатаном состоянии при ≤ 285 HB K _r = 0,85 (твердый сплав) | | | | | | Мало чувствительна | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|---|---------|---------|--------|--------|--------|--------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 85 | | Сортовой прокат, фасонный прокат, полоса — ГОСТ 14959–79. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 14959–79 | | | | | | | | | Температура критических точек, °C | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Примечание | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,82–0,90 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,25 | ≤ 0,20 | Качественная | 720 | 730 | 700 | — | |
| | | | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | | | | Высококачественная | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ ¹ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|-------------------------------|--------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 14959–79 | В горячекатаном состоянии | | | | Не определяются | | | | | | ≤ 302 |
| | В термообработанном состоянии | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 820 | Масло | До 80 | 980 | 1130 | 8 | 30 | | | |
| Отпуск | 470 | Воздух | 81–150 | 980 | 1130 | 6 | 25 | — | | — | |
| | | | 151–250 | 980 | 1130 | 5 | 20 | | | | |

¹ Нормы относительного сужения даны только для круглых образцов.

Назначение. Пружины, фрикционные диски и другие детали, к которым предъявляются требования высоких прочностных и упругих свойств и износостойкости.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|---|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | |
| | 343–392 | Проволока: σ _{0,2} = 640–880 Н/мм ² , σ _в = 910–1320 Н/мм ² | | | | | | | |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–800 | 50–220 | В колодцах | 50–220 | В колодцах |
| Заготовка | 1180–800 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|---|
| Не применяется для сварных конструкций. КТ с последующей термообработкой. | В горячекатаном состоянии при 302 HB K _v = 0,8 (твердый сплав) | Мало чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|----------------------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 15К | | Лист — ГОСТ 5520–79. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5520–79 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,12—0,20 | 0,15—0,30 | 0,35—0,65 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 724 | 860 | 676 | 830 |

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | KCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | |
|--------------|--------------------------------|-------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-------------------------|---|-------|--------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520–79 | Лист в горячекатаном состоянии | | | До 5 | 20 | 225 | 370–480 | 27 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | 20 | 225 | 370–480 | 27 | — | 69 | — | 34 | — | |
| | | | | 5–20 | 0 | — | — | — | — | — | — | 39 | — | — |
| | | | | | 20 | 215 | 370–480 | 26 | — | 64 | — | 29 | — | |
| | | | | 21–40 | 0 | — | — | — | — | — | — | 39 | — | — |
| | | | | | 20 | 205 | 370–480 | 25 | — | 69 | — | 29 | — | |
| | | | | 41–60 | 0 | — | — | — | — | — | — | 39 | — | — |
| | | | | | 20 | — | — | — | — | — | — | — | — | d=0,5a |
| 31–60 | 20 | — | — | — | — | — | — | — | — | d=1,5a | | | | |

Назначение. Детали паровых котлов (фланцы, днища, цельнокованые и сварные барабаны) и сосудов, работающие под давлением при температуре до 450°С.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | Термообработка | |
|--|-----------------|----------------|---|---|------|------|------|----------------|-------------------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | | – 50 |
| — | — | — | 88 | — | 49 | — | 39 | — | Горячекатаное состояние |

| НД | Пределы текучести, σ _{0,2} , Н/мм ² , при t, °С | | | | | |
|--------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| ГОСТ 5520–79 | + 200 | + 250 | + 300 | + 350 | + 400 | + 450 |
| | 175 | 165 | 135 | 120 | 98 | 78 |

| 15К | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|--|--|-------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|--------|--------|---|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [4] | ПС | | | Лист | 20 | 225 | 420 | 30 | 56 | 62–103 | — | | |
| | | | | | горячекатаный | 100 | 195 | 390 | — | — | 88–167 | — | |
| | | | | | | 200 | 195 | 470 | — | — | 73–137 | — | |
| | | | | | | 37–40 | 300 | 165 | 470 | — | — | 64–113 | — |
| | | | | | | | 400 | 160 | 370 | — | 60 | 54–78 | — |
| | | | | | | | 500 | 155 | 250 | — | 61 | 44–73 | — |
| | | | | Лист | 20 | 245 | 400–430 | 30 | 55–60 | 73–98 | — | | |
| | | | | | 37–40 | 200 | 180–225 | 350–500 | 17–18 | 43–62 | 83–118 | — | |
| | | | | | | 300 | 145–185 | 350–510 | 24 | 52–60 | 78–93 | — | |
| | | | | | | 400 | 140–175 | 320–400 | 22–23 | 60–73 | 59–73 | — | |
| | | | | | | 500 | 120–150 | 200–270 | 24–43 | 71–83 | 49–64 | — | |
| | | | | | | 600 | 69–98 | 110–150 | 36–48 | 84–91 | 113 | — | |
| Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Тепловая обработка | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | | | |
| [4] | В горячекатаном состоянии | | | 450 | 20000 | 225 | 370 | 33 | 74 | 161 | — | | |
| | | | | 450 | 40000 | 180 | 350 | 34 | 73 | — | — | | |
| | | | | 450 | 20000 | 200 | 320 | 40 | 76 | — | — | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | | | |
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | | | | | |
| [4] | 400 | — | — | — | 108 | | | | | | | | |
| | 450 | 127 | 93 | 94 | 63 | | | | | | | | |
| | 500 | 76 | 54 | — | — | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1260–750 | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | 1260–750 | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | | В горячекатаном состоянии при $\sigma_b = 370–480$ Н/мм ² $K_v = 1,96$ (твердый сплав), $K_v = 1,8$ (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|--|--|--|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|-------------------------|---|-------|--|
| 16К | | Лист — ГОСТ 5520–79. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5520–79 | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | | | | | |
| 0,12–0,20 | 0,17–0,37 | 0,45–0,75 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | | | | | |
| Механические свойства (образцы поперечные) | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСV, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520–79 | Нормализация | | | До 5 | 20 | Лист категорий 2–5, 10, 11, 16, 18 | | | | | | | | |
| | | | | | | 225 | 400–490 | 22 | — | — | — | — | — | |
| | | | | 5–20 | 20 | 225 | 400–490 | 22 | — | 69 | — | 34 | — | |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | 39 | — | — | |
| | | | | 21–40 | 20 | 245 | 400–490 | 22 | — | 69 | — | 34 | — | |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | 39 | — | — | |
| | | | | 41–60 | 20 | 235 | 400–490 | 22 | — | 69 | — | 34 | — | |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | 39 | — | — | |
| 4–60 | 20 | — | — | — | — | — | — | — | — | d=2a | | | | |
| Назначение. Детали котлов и сосудов, работающие под давлением при температуре от минус 20°C до плюс 450°C. | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Пределы текучести, $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² , при t, °C | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520–79 | + 200 | | + 250 | | + 300 | | + 350 | | + 400 | | + 450 | | | |
| | 205 | | 185 | | 155 | | 135 | | 120 | | 98 | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | | | |
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | | | | | |
| [4] | 400 | — | — | — | 162 | | | 108 | | | | | | |
| | 450 | 115 | 69 | 68 | — | | | — | | | | | | |
| | 480 | — | — | 63 | 64 | | | 31 | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1250–800 | Поковки всех размеров ответственного назначения | | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | До 400 | На воздухе | | | | | | | |
| | | Остальные поковки: | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1260–750 | а) до 400, б) 401–800, в) > 800 | | а) на воздухе, б) отжиг низкотемпературный, в) отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | | В нормализованном состоянии при $\sigma_b = 400$ Н/мм ² K _r = 2,13 (твердый сплав), K _r = 2,0 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|----------------------------------|--------------|--------------------|-------------------------|---|-------|---|
| 18К | | Лист — ГОСТ 5520–79. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5520–79 | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | | | |
| 0,14–0,22 | 0,17–0,37 | 0,55–0,85 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре (образцы поперечные) | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | КCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520–79 | Нормализация | | | До 5 | Лист категорий 2–5, 10, 11, 16, 18 | | | | | | | |
| | | | | | 275 | 430–520 | 20 | — | — | — | — | |
| | | | | | От 5–20 | 275 | 430–520 | 20 | — | 59 | 29 | — |
| | | | | | 21–40 | 265 | 430–520 | 20 | — | 59 | 29 | — |
| | | | | | 41–60 | 255 | 430–520 | 20 | — | 59 | 29 | — |
| | | | | | 4–60 | — | — | — | — | — | — | — |
| Назначение. Детали котлов и сосудов, работающие под давлением при температуре от минус 20°C до плюс 450°C. | | | | | | | | | | | | |
| НД | Пределы текучести, $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² , при t, °C | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520–79 | + 200 | + 250 | + 300 | + 350 | + 400 | + 450 | | | | | | |
| | 225 | 205 | 175 | 155 | 135 | 120 | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | |
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | | | |
| [4] | 400 | — | — | — | 162 | 108 | | | | | | |
| | 450 | 115 | 69 | 68 | — | — | | | | | | |
| | 480 | — | — | 63 | 64 | 31 | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1250–800 | Поковки всех размеров ответственного назначения | | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | До 400 | На воздухе | | | | | |
| | | Остальные поковки: | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1260–750 | а) до 400; | | а) на воздухе; | | | | | | | | |
| | | б) 401–800; | | б) отжиг низкотемпературный; | | | | | | | | |
| | | в) > 800 | | в) отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | | В состоянии нормализации при $\sigma_b = 500$ Н/мм ² K _v = 1,45 (твердый сплав), K _v = 1,12 (быстрорежущая сталь) | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|----------------------|-------------------|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|---------|--------|-----------------------------------|-------------------------|---|-----------------|--------|-------|--|--|
| 20К | | Лист — ГОСТ 5520-79. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5520-79 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | | |
| 0,16–0,24 | 0,15–0,30 | 0,35–0,65 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 724 | 845 | 682 | 815 | | | | |
| Механические свойства (на поперечных образцах) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520-79 | Лист в горячекатаном состоянии | | | До 5 | 20 | 245 | 400–510 | 25 | — | — | — | — | — | | | | |
| | | | | | От 5 до 20 | 20 | 245 | 400–510 | 25 | — | 59 | 34 | 29 | — | | | |
| | | | | 21–40 | | 0 | — | — | — | — | — | 29 | — | — | | | |
| | | | | | 20 | 235 | 400–510 | 24 | — | 54 | 34 | 24 | — | | | | |
| | | | | 0 | | — | — | — | — | — | 29 | — | — | | | | |
| | | | | | 41–60 | 20 | 225 | 400–510 | 23 | — | 49 | 34 | 24 | — | | | |
| | | | | 0 | | — | — | — | — | — | 29 | — | — | | | | |
| | | | | | 4–30 | 20 | — | — | — | — | — | — | — | d=1,5a | | | |
| | | | | 31–60 | | 20 | — | — | — | — | — | — | — | d=2,5a | | | |
| | | | | | ГОСТ 5520-79 — 16 и 18 категории с обязательным выполнением УЗК по п. 5.18 в соответствии с ГОСТ 22727-88 (Примечание 8 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Из стали изготавливают листы категорий 2–5, 10, 11, 16, 18–21. | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Назначение. Детали паровых котлов и сосудов АЭС, работающие под давлением при температуре от минус 20°С до плюс 450°С, корпуса цилиндров и камеры горения газовых турбин и др. Сварные спиральные камеры ГЭС. | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°С (ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | НД | Пределы текучести, σ _{0,2} , Н/мм ² , при t, °С | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520-79 | + 200 | | | + 250 | | | + 300 | | | + 350 | | | + 400 | | + 450 | | |
| | 216 | | | 196 | | | 176 | | | 157 | | | 137 | | 118 | | |

| 20К | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|-------|-------------------|-------------------|------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|----|
| Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Тепловая выдержка | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | t, °С | τ , ч | | | | | | |
| [4] | В горячекатаном состоянии | | | 450 | 10000 | 235–245 | 425 | 30–32 | 59–65 | 55–83 | — |
| | | | | 450 | 30000 | 235 | 395 | 32 | 62 | 82–125 | — |
| | | | | 450 | 40000 | 210 | 395 | 29–31 | 60–62 | 81–104 | — |
| | | | | 500 | 10000 | 185–215 | 350–360 | 27–31 | 65–68 | 75–137 | — |
| | | | | 500 | 30000 | 175–195 | 360 | 30–33 | 62–64 | 88–125 | — |

| Механические свойства в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|-------|-------------------|------------------|-------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|------------------|---------|---------|-------|-------|--------|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | |
| [4] | В горячекатаном состоянии | | | Толщина 37–40 | 20 | Лист | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 215–245 | 400–440 | 30 | 56 | 62–103 | — | | | | | | |
| | | | | | | 195 | 390 | 20 | 47–55 | 88–167 | — | | | | | | |
| | | | | | | 195 | — | 15–17 | 39 | 73–137 | — | | | | | | |
| | | | | | | 165 | — | 23 | 44–51 | 64–113 | — | | | | | | |
| | | | | | | 165 | 370 | 24 | 61 | 54–76 | — | | | | | | |
| | | | | | | 155 | 250 | 23 | 61 | 44–73 | — | | | | | | |
| | | | | | | 59 | 110 | 31–37 | 73–81 | 59–225 | — | | | | | | |
| | | | | | | Отжиг | | | 880–900 | С печью | Толщина 37–40 | Лист | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 245 | 400–430 | 30 | 55–60 | 73–98 | — |
| | | | | | | | | | | | | 180–225 | 350–500 | 17–28 | 43–62 | 83–117 | — |
| 145–185 | 350–510 | 24 | 52–60 | 78–93 | — | | | | | | | | | | | | |
| 135–175 | 320–400 | 22–33 | 60–73 | 59–73 | — | | | | | | | | | | | | |
| 120–150 | 200–270 | 24–43 | 71–83 | 49–64 | — | | | | | | | | | | | | |
| 69–98 | 110–150 | 36–48 | 84–91 | 113 | — | | | | | | | | | | | | |

| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | |
|---|-------|--|-------------------|---|-------------------|
| НД | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [4] | 400 | — | — | — | 108 |
| | 450 | 127 | 93 | 94 | 63 |
| | 480 | 76 | 54 | — | — |

| Технологические характеристики [1] | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|---|--|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1260–750 | Поковки всех размеров ответственного назначения | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | До 400 | На воздухе |
| Заготовка | 1260–750 | Остальные поковки: а) до 400, б) 401–800, в) > 800 | а) на воздухе, б) отжиг низкотемпературный, в) отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | В горячекатаном состоянии при $\sigma_b = 410–500$ Н/мм ² $K_v = 1,56$ (твердый сплав), $K_v = 1,3$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | Вид поставки |
|-----------------------------------|---|
| 22К, 22К-ВД, 22К-Ш, 22КУ | Лист — ГОСТ 5520-79, ТУ 14-2-533-83, ТУ 108.11.296-87, ТУ 108.11.906-87, ТУ 108-972-80, ТУ 108.1025-81, ТУ 302.02.092-90. Поковки — ГОСТ 8479-70, ОСТ 108.030.113-87, ТУ 302.02.092-90. |

| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | НД | Марка стали |
|----------------------------|-----------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------------------|---|
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | Al | Cu | N | | |
| 0,19-0,26 | 0,17-0,40 | 0,70-1,00 | ≤ 0,035 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,02 | ≤ 0,30 | ≤ 0,008 | ГОСТ 5520-79 | 22К |
| 0,19-0,26 | 0,20-0,40 | 0,75-1,00 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | ≤ 0,40 | ≤ 0,50 | — | — | ≤ 0,30 | — | ОСТ 108.030.113-87 | 22К |
| 0,19-0,26 | 0,20-0,40 | 0,75-1,00 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | ≤ 0,40 | ≤ 0,30 | — | — | ≤ 0,30 | — | ТУ 302.02.092-90 | 22К, 22К-ВД ¹ , 22К-Ш ¹ |
| 0,17-0,24 | 0,20-0,40 | 0,35-0,65 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | ≤ 0,40 | ≤ 0,30 | — | — | ≤ 0,30 | — | ТУ 302.02.092-90 | 22КУ ² |

¹ Допускаются следующие отклонения от норм таблицы: по Mn + 0,05 / - 0,15 после выплавки ВДП; ± 0,05 после выплавки стали остальными методами; по Si ± 0,05.

Изготовитель гарантирует содержание As не более 0,080% и содержание N не более 0,008%. В электростали, а также в стали после ЭШП и ВДП, полученной переплавом электростали, содержание N должно быть не более 0,012%.

² После обработки на УВРВ суммарное содержание S и P в стали не должно быть более 0,020%.

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------|-------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|-------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520-79 | Лист. В горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | От 25 до 60 | 265 | 430-590 | 22 | — | 59 | 29 | d=2a |
| | | | | Свыше 60 до 70 | 255 | 430-590 | 22 | — | 59 | 29 | d=2a |

ГОСТ 5520-79 — 16 и 18 категории с обязательным выполнением УЗК по п. 5.18 в соответствии с ГОСТ 22727-88 (Примечание 8 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

Из стали 22К изготавливают листы категорий 2-4, 10, 16, 18-21.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|--------------------------|-------|-------------------|---------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479-70 | Поковки. Нормализация | ПС | | От 300 до 500 | 195 | 390 | 20 | 45 | 49 | — | 111-156 |
| | | | | От 500 до 800 | 195 | 390 | 18 | 38 | 44 | — | 111-156 |
| | | | | От 100 до 300 | 215 | 430 | 20 | 48 | 49 | — | 123-167 |
| | | | | От 300 до 500 | 215 | 430 | 18 | 40 | 44 | — | 123-167 |
| | | | | От 500 до 800 | 215 | 430 | 16 | 35 | 39 | — | 123-167 |

Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы.

По механическим свойствам поковки, поставляемые после окончательной термической обработки, разделяются на категории прочности. Категории прочности, соответствующие им нормы механических свойств, определяемые при испытании на продольных образцах, и нормы твердости приведены в таблице.

Нормы твердости для поковок II и III групп и категории прочности для поковок IV и V групп устанавливаются по согласию изготовителя с потребителем. Марка стали для всех групп устанавливается по согласию изготовителя с потребителем и указывается на чертеже детали и поковки.

По требованию потребителя временное сопротивление должно быть выше указанной в таблице для заданной категории прочности, не более:

120 Н/мм² при требуемом σ_b менее 600 Н/мм²,

150 Н/мм² при требуемом σ_b 600-900 Н/мм²,

200 Н/мм² при требуемом σ_b более 900 Н/мм².

ГОСТ 8479-70 — IV и V группы поковок с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

22К, 22К-ВД, 22К-Ш, 22КУ

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------------------|----------------------|---------|----------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.030. 113-87 | Поковки. | 930-950 | Воздух | До 100 вкл. | 215 | 430-590 | 23 | 48 | 59 | — | 123-167 |
| | Нормализация | | | Свыше 100 до 200 вкл. | 215 | 430-590 | 21 | 45 | 54 | — | 123-167 |
| | Отпуск | | | 620-680 | Воздух | Свыше 200 до 400 вкл. | 215 | 430-590 | 19 | 38 | 49 |

Механические свойства металла поковок при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.030. 113-87 | ПС | | | 250 | 210 | 425 | 16 | 40 | — | — | — |
| | | | | 300 | 195 | 415 | 17 | 42 | — | — | — |
| | | | | 350 | 180 | 395 | 18 | 43 | — | — | — |

Поковки в зависимости от назначения и предъявляемых к ним требований делаются на категории:

T — поковки, предназначенные для изготовления деталей котлов, сосудов и трубопроводов тепловых электростанций;

A — поковки, предназначенные для изготовления деталей оборудования и трубопроводов атомных станций.

Для стали 22К категория поковок — T.

Механические свойства при температуре испытания в зависимости от толщины стенки или размера сечения под термическую обработку

| НД | Вид заготовки | Марка стали | Толщина стенки или размер сечения, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
|--|--|----------------------|---|----------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|---------|-----|
| | | | | | | | | | | | |
| ТУ 302.02. 092-90 | Поковки, заготовки деталей из сортового катаного металла | 22К | Не более 400 | 20 | 215-500 | 430-620 | 21 | 45 | 69 | 123-205 | 215 |
| | | 22КУ | Не более 400 | 20 | 215-500 | 410-590 | 21 | 45 | 69 | 123-205 | 215 |
| | | 22К-Ш | Не более 600 | 20 | 215-500 | 430-620 | 21 | 45 | 88 | 123-205 | 215 |
| | | 22К-ВД | Не более 1000 | 20 | 215-500 | 430-620 | 21 | 45 | 88 | 123-205 | 215 |
| Плиты, листы, листовые штампованные заготовки | 22КУ | 20-60 | 20 | 215-500 | 430-620 | 20 | 45 | 69 | 123-205 | 215 | |
| | | 61-160 | 20 | 215-500 | 410-590 | 20 | 45 | 69 | 123-205 | 215 | |
| | | 22К | 20-160 | 20 | 215-500 | 430-620 | 20 | 45 | 69 | 123-205 | 215 |
| Поковки, заготовки деталей из сортового катаного металла, листы, листовые штампованные заготовки | 22К, 22К-Ш | До 200 | 20 | 250 | 435-640 | 20 | 45 | 69 | 135-207 | 250 | |
| | | До 150 | 20 | 270 | 470-640 | 20 | 45 | 59 | 143-212 | 270 | |
| | | До 140 | 20 | 280 | 480-650 | 20 | 45 | 59 | 143-212 | 280 | |
| | | До 140 | 150 | 250 | 440 | 18 | 45 | — | — | — | |
| Поковки, заготовки деталей из сортового катаного металла | 22К | Не более 400 | 270 | 195 | 355 | 18 | 45 | — | — | — | |
| | | 22КУ | Не более 400 | 270 | 175 | 315 | 18 | 45 | — | — | — |
| | 22К-Ш | Не более 400 | 270 | 195 | 355 | 18 | 45 | — | — | — | |
| | | Свыше 400 до 600 | 270 | 185 | 355 | 18 | 45 | — | — | — | |
| | 22К-ВД | Не более 200 | 270 | 195 | 355 | 18 | 45 | — | — | — | |
| | | Свыше 200 до 1000 | 270 | 185 | 355 | 18 | 45 | — | — | — | |
| Плиты, листы, листовые штампованные заготовки | 22КУ | 20-60 | 270 | 195 | 355 | 18 | 45 | — | — | — | |
| | | 61-160 | 270 | 175 | 315 | 18 | 45 | — | — | — | |
| | 22К | 20-160 | 270 | 195 | 355 | 18 | 45 | — | — | — | |
| Поковки, заготовки деталей из сортового катаного металла, листы, листовые штампованные заготовки | 22К, 22К-Ш | 20-280 | 270 | 195 | 355 | 18 | 45 | — | — | — | |
| | | До 200 | 270 | 230 | 390 | 18 | 45 | — | — | — | |
| | | До 150 | 270 | 240 | 420 | 18 | 45 | — | — | — | |
| До 140 | 270 | — | — | — | — | — | — | — | | | |

| 22К, 22К-ВД, 22К-Ш, 22КУ | | Механические свойства при температуре испытания в зависимости от толщины стенки или размера сечения под термическую обработку | | | | | | | | | |
|--|--|---|---------------------------------------|-------|--|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|----|
| ТУ 302.02.092-90 — 2-5 группы заготовок (Примечание 9 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | |
| НД | Вид заготовки | Марка стали | Толщина стенки или размер сечения, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | КП |
| | | | | | | | | | | | |
| ТУ 302.02.092-90 | Поковки, заготовки деталей из сортового катаного металла | 22К | Не более 400 | 350 | 185 | 355 | 18 | 45 | — | — | — |
| | | 22КУ | Не более 400 | 350 | 155 | 275 | 18 | 45 | — | — | — |
| | | 22К-Ш | Не более 400 | 350 | 185 | 355 | 18 | 45 | — | — | — |
| | | | Свыше 400 до 600 | 350 | 185 | 355 | 18 | 45 | — | — | — |
| | | 22К-ВД | Не более 200 | 350 | 185 | 355 | 18 | 45 | — | — | — |
| | | | Свыше 200 до 1000 | 350 | 185 | 355 | 18 | 45 | — | — | — |
| | Плиты, листы, листовые штампованные заготовки | 22КУ | 20-60 | 350 | 185 | 355 | 18 | 45 | — | 29 | — |
| | | 22К | 61-160 | 350 | 155 | 275 | 18 | 45 | — | 29 | — |
| | | 22К-ВД, 22К-Ш | 20-280 | 350 | 185 | 355 | 18 | 45 | — | 29 | — |
| | Поковки, заготовки деталей из сортового катаного металла, листы, листовые штампованные заготовки | 22К, 22К-Ш | До 200 | 350 | 220 | 380 | 18 | 45 | — | 29 | — |
| | | | До 150 | 350 | 230 | 410 | 18 | 45 | — | 29 | — |
| | | 22К | До 140 | 350 | — | — | — | — | — | — | — |
| Примечания. | | | | | | | | | | | |
| 1. Для деталей, работающих при температуре не более 100°C, испытания на разрыв производятся при температуре 20°C; работающих при температуре более 100°C, но не более 150°C — при температурах 20°C и 150°C; работающих при температуре более 150°C, но не более 270°C — при температурах 20°C и 270°C; работающих при температуре более 270°C, но не более 350°C — при температурах 20°C и 350°C. | | | | | | | | | | | |
| 2. Значения механических свойств относятся к продольным образцам для поволоков и заготовок из сортового проката; к поперечным образцам для листов и плит. | | | | | | | | | | | |
| 3. При испытании механических свойств, при температурах испытания, поволоков и заготовок из сортового проката на поперечных, тангенциальных или радиальных образцах допускается снижение механических свойств в соответствии с таблицей ГОСТ 8479-70. | | | | | | | | | | | |
| 4. Критическая температура хрупкости $T_K \leq 40^\circ\text{C}$ распространяется на заготовки (листы, плиты, поковки, заготовки из сортового проката, листовые штампованные заготовки) из стали марок 22К (22К-ВД, 22К-Ш), 22КУ толщиной не более 200 мм. | | | | | | | | | | | |
| Подтверждение критической температуры хрупкости | | | | | | | | | | | |
| Сечение заготовки или толщина стенки, мм | | | | | Критическая температура хрупкости T_K , °C, не более | | | | | | |
| 20-200 | | | | | 40 | | | | | | |
| Свыше 200 до 600 | | | | | 50 | | | | | | |
| Критическая температура хрупкости $T_K \leq 50^\circ\text{C}$ распространяется на поковки из стали марок 22К (22К-ВД), 22КУ толщиной более 200 мм, но не более 300 мм и из стали марки 22К-Ш толщиной более 200 мм, но не более 600 мм, а также на плиты толщиной свыше 200 мм из стали марки 22К-ВД, 22К-Ш. | | | | | | | | | | | |
| 5. Определение ударной вязкости на образцах 1 (КСУ) не производится, если производится испытание на подтверждение критической температуры хрупкости. | | | | | | | | | | | |
| 6. Испытание ударной вязкости после механического старения производится только на листах и плитах, подвергаемых в дальнейшем холодной гибке, что должно оговариваться в заказе. | | | | | | | | | | | |
| 7. В зависимости от назначения и условий работы заготовки разделяют на пять групп. Для каждой группы устанавливается обязательный объем испытаний. Отнесение заготовок к той или иной группе определяется требованиями конструкторской документации или заказа. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Корпусы парогенераторов, внутрикорпусные детали: кольца разделительные, компенсаторы объема, корпуса гидромамер, крышки, патрубки, трубы сварные, корпуса барабанов, основные несущие и герметизирующие металлоконструкции и другие детали, работающие при температуре от минус 40°C до плюс 450°C под давлением. | | | | | | | | | | | |
| Обода и лопасти рабочих колес радиально-осевых турбин. | | | | | | | | | | | |
| Обечайки, днища, фланцы, цельнокованные и сварные барабаны паровых котлов, корпуса цилиндров и камеры горения газовых турбин. | | | | | | | | | | | |
| Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°C (ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | |
| НД | Пределы текучести, $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² , при t, °C | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520-79 | + 200 | + 250 | + 300 | + 320 | + 350 | | | | | | |
| | 216 | 206 | 191 | 186 | 176 | | | | | | |

22К, 22К-ВД, 22К-Ш, 22КУ

Механические свойства в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----------|--|-------|-------------------|------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1, 4, 7] | Сталь 22К. Лист горячекатаный | | | Толщина 37-40 | 20 | 245-295 | 500-520 | 22-26 | 50-61 | 83-113 | — |
| | | | | | 100 | 225-275 | 460-490 | — | — | 69 | — |
| | | | | | 200 | 215-265 | 490-549 | 16 | 39-44 | 39-108 | — |
| | | | | | 300 | 215-235 | 520-569 | 21 | 48-51 | 74-103 | — |
| | | | | | 400 | 225 | 450-470 | 21-24 | 59-63 | 49-76 | — |
| | | | | | 500 | 195 | 280-310 | 19-29 | 60-68 | 44-60 | — |
| | | | | | 600 | 110-130 | 135-165 | 20-34 | 66-68 | 53-71 | — |
| | Лист ----- Нагрев 930, 2 ч Отпуск 600-650 | | | Толщина 60-70 | 20 | 225-245 | 460-470 | 31-36 | 61-66 | 118-157 | — |
| | | | | | 200 | 185-215 | 390-430 | 26-27 | 64-65 | 206-235 | — |
| | | | | | 300 | 165-185 | 390-430 | 25-27 | 59-62 | 216-284 | — |
| | | | | | 400 | 155-165 | 390 | 27-29 | 73-75 | 127-186 | — |
| | | | | | 500 | 135-145 | 255-265 | 28-31 | 80-82 | 88-108 | — |
| | | | | | 600 | 110 | 160 | 33-41 | 87-88 | 206-255 | — |

Механические свойства в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----------|--|-------|-------------------|--------------------------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1, 4, 7] | Образец прокатанный ----- Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,09 1/с | | | Толщина 6 ----- Длина 30 | 700 | 81 | 120 | 57 | 90 | — | — |
| | | | | | 800 | 56 | 72 | 49 | 63 | — | — |
| | | | | | 900 | 49 | 84 | 60 | 86 | — | — |
| | | | | | 1000 | 45 | 59 | 59 | 86 | — | — |
| | | | | | 1100 | 26 | 42 | 75 | 100 | — | — |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-------|-------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|------------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Состояние поставки | | | Лист. ----- Толщина 30-70 | 20 | 250 | 510 | 22 | 50 | 85 | — |
| | | | | | 100 | 230 | 470 | 21 | 48 | 70 | — |
| | | | | | 200 | 220 | 500 | 16 | 44 | 40 | — |
| | | | | | 300 | 220 | 530 | 21 | 48 | 75 | — |
| | | | | | 400 | 230 | 460 | 21 | 59 | 50 | — |
| | | | | | 450 | 220 | 330 | 19 | 62 | 50 | — |
| | | | | | 500 | 200 | 290 | 19 | 60 | 45 | — |
| | | | | | 550 | 160 | 220 | 28 | 65 | 50 | — |
| | | | | | 600 | 120 | 150 | 20 | 66 | 55 | — |
| | | | | | Нагрев 930, 2 ч ----- Отпуск 600-650 | | | Толщина 30-70 | -60 | — | — |
| | -40 | — | — | — | | | | | — | 11 | — |
| | -20 | — | — | — | | | | | — | 79 | — |
| | 0 | — | — | — | | | | | — | 120 | — |
| | 20 | 230 | 470 | 30 | | | | | 60 | 120 | — |
| | 200 | 190 | 400 | 26 | | | | | 64 | 210 | — |
| | 300 | 170 | 400 | 25 | | | | | 60 | 220 | — |
| | 350 | 170 | 400 | 27 | | | | | 70 | 190 | — |
| | 400 | 160 | 400 | 27 | | | | | 70 | 130 | — |
| | 500 | 140 | 260 | 28 | | | | | 80 | 90 | — |
| | 600 | 112 | 160 | 33 | 87 | 210 | — | | | | |

Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Тепловая выдержка | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|----------|----------------------|-------------|-------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ, ч | | | | | | |
| | | | | | не менее | | | | | | | |
| [4] | Нагрев | 920-940 | Скорость 100 °C/ч | 100 | 450 | 20000 | 230 | 470 | 29 | 59 | 82 | — |
| | | | | | 450 | 30000 | 240 | 470 | 25 | 59 | — | — |
| | Отпуск | 600, 5 ч | Скорость 50 °C/ч | | 500 | 20000 | 230 | 440 | 31 | 64 | 98 | — |
| | | | | | 550 | 30000 | 255 | 435 | 34 | 64 | 78 | — |

| 22К, 22К-ВД, 22К-Ш, 22КУ | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|--------------------|---|--|--|-------------------|---------------------|----------------------------|--------------|---|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ_{10} , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | Состояние поставки | | | 60-90 | 20 300 | — 180 | 440 — | 18 18 | — — | 60 — | d=3a d=3a | |
| | Нормализация | 940-960 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 630-650 | С печью со скоростью 60-70 °C/ч до 300°C далее воздух | 150-160 | 20 300 | — 190- | 440 — | 20 20 | — — | 70 — | d=2a d=2a | |
| Механические свойства после длительного старения | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | | |
| [5] | ПС | | | Исходное состояние | | 220 | 480 | 35 | 60 | 120 | — | |
| | | | | 400 | | 4 | 280 | 460 | 30 | 60 | 250 | — |
| | | | | 450 | | 30 | 245 | 480 | 24 | 60 | 80 | — |
| | | | | 500 | | 20 | 235 | 450 | 30 | 63 | 100 | — |
| | | | | 550 | | 30 | 260 | 445 | 33 | 64 | 80 | — |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | |
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | | | | |
| [4, 5] | 400 | — | | | 208 | | | 132 | | | | |
| | 450 | 139 | | | 98 | | | 63 | | | | |
| | 500 | 83 | | | 59 | | | — | | | | |
| | 525 | 67 | | | 47 | | | — | | | | |
| t, °C | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | Предел выносливости, Н/мм ² [5] | | | Вид образца | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1, 4] | | | | | | Термообработка |
| | | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | |
| 20 | 460 | 315 | — | 10 ⁶ | Гладкий \varnothing 8 мм | 118-157 | — | 77-113 | 11-138 | — | — | Листы толщиной 30-70 мм. Нормализация 930°C. Отпуск 600-650°C |
| 100 | 460 | 275 | — | 10 ⁶ | | | | | | | | |
| 180 | — | 235 | — | 10 ⁶ | | | | | | | | |
| 250 | 480 | 285 | — | 10 ⁶ | | | | | | | | |
| 350 | 469 | 295 | — | 10 ⁶ | | | | | | | | |
| 400 | 429 | 300 | — | 10 ⁶ | | | | | | | | |
| 450 | 370 | 300 | — | 10 ⁶ | | | | | | | | |
| 500 | 300 | 255 | — | 10 ⁶ | | | | | | | | |
| t, °C | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | σ_{-1} | τ_{-1} | N | Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | |
| | | | | | | | | | | Коррозионная стойкость [1] | | |
| 20 | 460 | 185 | — | 10 ⁶ | С надрезом глубиной 1 мм, R _n = 0,5 мм, \varnothing 8 мм | Общая | Водные растворы, содержащие 5-15 мг/кг Cl ⁻ и до 6 мг/кг O ₂ | 200-300 | 3000 | 2 | | |
| 100 | 460 | — | — | 10 ⁶ | | | | | | | | |
| 180 | — | 185 | — | 10 ⁶ | | | | | | | | |
| 250 | 480 | 185 | — | 10 ⁶ | | | | | | | | |
| 350 | 469 | 205 | — | 10 ⁶ | | | | | | | | |
| 400 | 429 | — | — | 10 ⁶ | | | | | | | | |
| 450 | 370 | 195 | — | 10 ⁶ | | | | | | | | |
| 500 | 300 | — | — | 10 ⁶ | | | | | | | | |
| | | | | | Точечная | | 200-300 | 3000 | Питтинги до 250 мкм | | | |
| Механические свойства металла шва и переходной зоны при электродной сварке | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | Шов. | | | — | 20 | 380 | 510 | 21 | 64 | 109 | — | |
| | Без термической обработки | | | | 180 | 390 | 530 | 11 | 49 | 192 | — | |
| | | | | | 250 | 390 | 580 | 14 | 54 | 188 | — | |
| | | | | | 350 | 340 | 560 | 20 | 58 | 114 | — | |
| | | | | | 450 | 320 | 440 | 23 | 64 | 72 | — | |
| | Металл шва. | | | — | 20 | 320 | 500 | 26 | 60 | 112 | — | |
| | Отпуск 620 Воздух | | | | 180 | 280 | 480 | 21 | 61 | 165 | — | |
| | | | | | 250 | 250 | 480 | 23 | 61 | 150 | — | |
| | | | | | 350 | 260 | 480 | 26 | 62 | 137 | — | |
| | | | | | 450 | 240 | 380 | 32 | 68 | 86 | — | |
| | Переходная зона. | | | — | 20 | 400 | 510 | 21 | 54 | 180 | — | |
| | Без термической обработки | | | | 180 | 400 | 530 | 11 | 45 | 192 | — | |
| | | | | | 250 | 390 | 560 | 11 | 41 | 155 | — | |
| | | | | | 350 | 340 | 560 | 21 | 57 | 114 | — | |
| | | | | | 450 | 310 | 420 | 21 | 58 | 109 | — | |

22К, 22К-ВД, 22К-Ш, 22КУ

Механические свойства сварного соединения при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------|---------------------------|-------|-------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Основной металл. | | | Лист 200–250 | не менее | | | | | | |
| | Исходное состояние | | | | 239 | 475 | 35 | 62 | — | — | — |
| | Сварной шов. | | | | 284 | 500 | 25 | 64 | — | — | — |
| | Без термической обработки | | | | | | | | | | |
| | Сварной шов. | | | | 260 | 480 | 28 | 66 | — | — | — |
| | Нормализация | ПС | | | | | | | | | |
| Сварной шов. | | | 242 | 450 | 32 | 62 | — | — | — | | |
| Нормализация | ПС | | | | | | | | | | |
| Отпуск | | | | | | | | | | | |

| Предел выносливости, Н/мм ² [5] | | | Материал | Термообработка | Сортамент |
|--|-------------|-----------------|--------------------|---------------------------|----------------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | |
| 185 | — | 10 ⁷ | Основной металл | Исходное состояние | Пруток ϕ 20 мм |
| 145 | — | 10 ⁷ | Сварной шов | Без термической обработки | |
| 155 | — | 10 ⁷ | Сварной шов | Нормализация | |
| 155 | — | 10 ⁷ | Сварное соединение | Нормализация и отпуск | |
| 152 | — | 10 ⁷ | Основной металл | Исходное состояние | Пруток ϕ 150 мм |
| > 135 | — | 10 ⁷ | Сварной шов | Без термической обработки | |
| — | — | — | Сварной шов | Нормализация | |
| 120 | — | 10 ⁷ | Сварное соединение | Нормализация и отпуск | |
| 165 | — | 10 ⁷ | Основной металл | Исходное состояние | Пруток ϕ 200 мм |
| < 150 | — | 10 ⁷ | Сварной шов | Без термической обработки | |
| — | — | — | Сварной шов | Нормализация | |
| — | — | — | Сварное соединение | Нормализация и отпуск | |
| 160 | — | 10 ⁷ | Основной металл | Исходное состояние | Поковки 50 × 75 мм |
| 140 | — | 10 ⁷ | Сварной шов | Без термической обработки | |
| — | — | — | Сварной шов | Нормализация | |
| 140 | — | 10 ⁷ | Сварное соединение | Нормализация и отпуск | |
| 145 | — | 10 ⁷ | Основной металл | Исходное состояние | Поковки 200 × 200 мм |
| 135 | — | 10 ⁷ | Сварной шов | Без термической обработки | |
| 105 | — | 10 ⁷ | Сварной шов | Нормализация | |
| 125 | — | 10 ⁷ | Сварное соединение | Нормализация и отпуск | |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | |
|-------------------|----------------------------------|---|--|--------------------|--------------------|------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | |
| Слиток | 1280–750 | Поковки всех размеров ответственного назначения | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | До 400 | На воздухе |
| | | Остальные поковки: | | | | |
| Заготовка | 1280–750 | а) до 400, б) 401–800, в) > 800 | а) на воздухе, б) отжиг низкотемпературный, в) отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность | | Температура критических точек, °С | | | |
|---|---------------------------|----------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Не чувствительна | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ag ₁ | Ag ₃ |
| | | Склонность к отпускной хрупкости | | 725 | 845 | 680 | 815 |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | Не склонна | | | | | |
| В закаленном и отпущенном состоянии при $\sigma_b = 440$ Н/мм ² K _v = 1,6 (твердый сплав), K _v = 1,2 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A12 | | Сортовой прокат — ГОСТ 1414-75. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % по ГОСТ 1414-75 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,08–0,16 | 0,15–0,35 | 0,70–1,10 | 0,080–0,200 | 0,080–0,150 | — | — | — | — | ≤ 0,25 | 735 | 866 | 685 | 840 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 1414-75 | В горячекатаном состоянии | | | До 100 | — | 410 | 22 | 34 | — | | ≤ 160 | | |
| | В нагартованном и калиброванном состоянии | | | До 30 | — | 510 | 7 | — | — | | ≤ 217 | | |
| | | | | От 30 до 60 | — | 460 | 7 | — | — | | ≤ 217 | | |
| ДЦ | Жидкостная цементация | | 860–880 | | | | | | | | | | |
| | Закалка | | 860–880 | Вода | 15 | 300 | 450 | | 36 | — | ≥ 56 | | |
| | Отпуск | | 180–200 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Цианирование | | 820–860 | | | | | | | | | | |
| | Закалка | | 820–860 | Вода | 15 | 300 | 450 | | 36 | — | ≥ 56 | | |
| | Отпуск | | 180–200 | Воздух | | | | | | | | | |
| <p>Назначение. Оси, валики, втулки, кольца, зубчатые колеса, шестерни, пальцы, винты, болты и другие малонагруженные мелкие детали сложной формы, обрабатываемые на станках-автоматах, к которым предъявляются повышенные требования по качеству поверхности и точности размеров.</p> <p>После цементации и цианирования — малонагруженные детали, к которым предъявляются требования по чистоте поверхности и износостойкости.</p> <p>Прокат из стали A12 с 01.01.91 не допускается к применению во вновь создаваемой и модернизируемой технике.</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1200–850 | — | | — | | — | | — | | — | | | |
| Заготовка | 1200–850 | — | | — | | — | | — | | — | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В горячекатаном состоянии при ≤ 160 HB и σ _в = 410 Н/мм ² K _v = 1,6 (твердый сплав) | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A20 | | Сортовой прокат — ГОСТ 1414-75. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1414-75 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,17–0,25 | 0,15–0,35 | 0,70–1,00 | 0,080–0,150 | ≤ 0,060 | — | — | — | — | ≤ 0,25 | 735 | 866 | 685 | 840 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 1414-75 | В горячекатаном состоянии | | | Все размеры | — | 450 | 20 | 30 | — | — | ≤ 168 | | |
| | Комбинированная нагартованная | | | Все размеры | — | 530 | 7 | — | — | — | ≤ 217 | | |
| Назначение. Мелкие детали машин и приборов, малонагруженные детали сложной формы, к которым предъявляются повышенные требования по точности размеров и качеству поверхности. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1180–850 | — | | — | | — | | — | | — | | | |
| Заготовка | | — | | — | | — | | — | | — | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | — | | | | | | Чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A30 | | Сортовой прокат — ГОСТ 1414-75. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1414-75 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,26–0,35 | 0,15–0,35 | 0,70–1,00 | 0,080–0,150 | ≤ 0,060 | — | — | — | — | ≤ 0,25 | 735 | 845 | 680 | 820 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 1414-75 | В горячекатаном состоянии | | | До 100 | — | 510 | 15 | 25 | — | — | ≤ 185 | | |
| | Комбинированная нагартованная | | | До 60 | — | 540 | 6 | — | — | — | ≤ 223 | | |
| Назначение. Детали сложной формы, обрабатываемые на станках-автоматах, к которым предъявляются повышенные требования по качеству поверхности, работающие при повышенных напряжениях и давлениях. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1200–850 | — | | — | | — | | — | | — | | | |
| Заготовка | | — | | — | | — | | — | | — | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В горячекатаном состоянии при ≤ 185 HB и σ _b = 510 Н/мм ² K _v = 0,97 (твердый сплав) | | | | | | Чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| A35 | | Сортовой прокат — ГОСТ 1414-75. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1414-75 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,32–0,40 | 0,15–0,35 | 0,70–1,00 | 0,080–0,150 | ≤ 0,060 | — | — | — | — | ≤ 0,25 | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 1414-75 | В горячекатаном состоянии | | | Все размеры | — | 510 | 15 | 23 | — | | | ≤ 201 | | |
| | Калиброванная нагартованная | | | Все размеры | — | 570 | 6 | — | — | | | ≤ 229 | | |
| Назначение. Детали сложной формы, обрабатываемые на станках-автоматах, к которым предъявляются повышенные требования по качеству поверхности, работающие при повышенных напряжениях и давлениях. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | — | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | — | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1200–850 | — | | — | | — | | — | | — | | — | | |
| Заготовка | | — | | — | | — | | — | | — | | — | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | — | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | — | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------------------|-------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| A40Г | | Сортовой прокат — ГОСТ 1414-75. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1414-75 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,37–0,45 | 0,15–0,35 | 1,20–1,55 | 0,18–0,30 | ≤ 0,050 | — | — | — | — | ≤ 0,25 | 730 | 830 | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 1414-75 | В горячекатаном состоянии | | | До 100 | — | 590 | 14 | 20 | — | | | ≤ 207 | | |
| | Калиброванная, высокоотпущенная (отожженная) | | | До 60 | — | 590 | 17 | — | — | | | ≤ 229 | | |
| Назначение. Детали сложной формы, обрабатываемые на станках-автоматах, и детали, к которым предъявляются повышенные требования к качеству поверхности, работающие при повышенных нагрузках, ходовые винты металлорежущих станков. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | — | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | — | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1100–800 | — | | — | | — | | — | | — | | — | | |
| Заготовка | | — | | — | | — | | — | | — | | — | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | | В горячекатаном состоянии при ≤ 207 HB и σ _в = 590 Н/мм ² K _r = 1,3 (твердый сплав), K _r = 1,0 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|--|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|----|------------------------------------|
| ОС | | Заготовки осевые для подвижного состава железных дорог колес 1520 мм — ГОСТ 4728–96. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4728–96 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| 0,42–0,50 | 0,15–0,35 | 0,60–0,90 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,25 | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4728–96 | Нормализация | | | | | 580–615 | 20 | | 50 ¹ 35 ² | | — | | |
| | | | | | | | | | 620–645 | | | 19 | 40 ¹ 30 ² |
| | | | | | | | | | Более 650 | | | 18 | 35 ¹ 30 ² |
| ¹ Среднее арифметическое значение по 4–м образцам. ² Минимальное значение для отдельных образцов. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Оси локомотивов, дизель-, электропоездов, вагонов железных дорог и вагонов метрополитена. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Основные размеры сечения заготовок | | | | | | | | | | | | | |
| Поперечное сечение квадратных заготовок, мм | | | Диаметр круглых заготовок, мм | | | Предельное отклонение | | | | | | | |
| Номинальные значения | | | | | | | | | | | | | |
| 190; 200; 205; 210; 215; 220 | | | 210; 230; 250 | | | ± 4,0 | | | | | | | |
| 230; 250; 265 | | | 270; 290; 300 | | | ± 4,5 | | | | | | | |
| 275; 300; 350 | | | — | | | ± 5,0 | | | | | | | |
| Номинальная масса заготовки определяется из расчета номинальных размеров поперечного сечения с учетом радиуса скругления углов заготовки, длины и половины допусков по длине заготовки при плотности стали 7850 кг/м ³ . Минимальная масса заготовки устанавливается по согласованию между потребителем и изготовителем. | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | — | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | — | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В нормализованном состоянии при σ _b = 580 Н/мм ² K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 0,75 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

СТАЛИ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|-------------------|-------------------|--------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| 20ЮЧ, 20ЮЧ-ПВ | | Лист — ТУ 14-1-3333-82, ТУ 14-1-1-1551-76. Трубы — ТУ 14-3-1073-82, ТУ 14-242-166-77. Трубная заготовка — ТУ 14-1-3755-85. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % [38] | | | | | | | | | Марка стали | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cu | Al | N | P3M | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,16–0,24 | 0,15–0,30 | 0,35–0,65 | ≤ 0,004 | ≤ 0,020 | — | 0,03–0,10 | — | 0,70 кг/т | 20ЮЧ | 735 | 850 | 680 | 835 |
| 0,17–0,21 | 0,15–0,35 | 0,50–0,80 | ≤ 0,005 | ≤ 0,015 | ≤ 0,10 | 0,03–0,10 | ≤ 0,008 | 0,70 кг/т | | | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | KCV, Дж/см ² | T ₅₀ , °С | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее или в пределах | | |
| ТУ 14-1-3333-82 | 20ЮЧ | | | Лист | 20 | 235 | 412 | 22 | — | — | | | |
| | Нормализация | 900 | Воздух | 22–110 | –40 | — | — | — | 50 | — | | | |
| | | | | Трубная заготовка | 20 | 235–382 | 412 | 23 | — | — | | | |
| | | | | φ 115–180 | –40 | — | — | — | 50 | — | | | |
| [43] | 20ЮЧ | | | Лист | 20 | 235–400 | 440–560 | 25–37 | — | 0 – –25 | | | |
| | Нормализация | 920 | Воздух | 22–110 | –40 | — | — | — | 50–190 | — | | | |
| | | | | Трубная заготовка | 20 | 240–400 | 430–600 | 25–46 | — | –40 – –60 | | | |
| | | | | φ 115–180 | –40 | — | — | — | 70–290 | — | | | |
| ТУ 14-3-1073-82 | 20ЮЧ | | | Трубы бесшовные | 20 | 240 | 420 | 23 | — | — | | | |
| | | | | φ 42–426 | –40 | — | — | — | 50 | — | | | |
| [43] | 20ЮЧ | | | Трубы бесшовные | 20 | 310–395 | 510–575 | 28–34 | — | — | | | |
| | | | | φ 42–426 | –40 | — | — | — | 152–170 | — | | | |
| ТУ 14-1-3755-85 | 20ЮЧ-ПВ | | | Трубная заготовка | 20 | 235 | 410 | 23 | — | — | | | |
| | Нормализация | ПС | | φ 90–180 | –40 | — | — | — | 98 | — | | | |
| [38] | 20ЮЧ-ПВ | | | Трубная заготовка | 20 | 345 | 510 | 35 | — | –80 | | | |
| | Нормализация | ПС | | φ 90–180 | –40 | — | — | — | 127–150 | — | | | |
| Свойства листовой стали определяли после нормализации на поперечных образцах, трубной заготовки и труб — на продольных. | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | KCU, Дж/см ² | T ₅₀ , °С | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее или в пределах | | |
| ТУ 14-242-166-77 | 20ЮЧ | | | Труба | 20 | 240 | 420 | 23 | — | — | | | |
| | Нормализация | 900 | Воздух | φ 25–325 | –40 | — | — | — | 50 | — | | | |
| | | | | Отпуск | 650 | Воздух | | | | | | | |
| | | | | Воздух | | | | | | | | | |
| [43] | 20ЮЧ | | | Труба | 20 | 310–395 | 510–575 | 28–34 | — | — | | | |
| | Нормализация | 900 | Воздух | φ 25–325 | –40 | — | — | — | 152–170 | — | | | |
| | | | | Отпуск | 650 | Воздух | | | | | | | |
| Назначение. Листы, трубы и сортамент для изготовления газопромыслового оборудования с повышенным сопротивлением сероводородному растрескиванию. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | T ₅₀ , °С | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее или в пределах |
| ТУ 14-1-1-1551-76 | 20ЮЧ | | | Лист | 20 | 230 | 410 | 20 | 50 | — | — | — | |
| | ПС | | | 65–100 | –40 | — | — | — | 40 | — | — | — | |
| [43] | 20ЮЧ | | | Лист | 20 | 250–310 | 450–490 | 33–36 | 53–64 | 120 | 75 | –15 | |
| | | | | 65–100 | –40 | — | — | — | — | 54 | 36 | — | |
| | ПС | | | | 20 | — | — | — | — | — | KCT, Дж/см ² | — | |
| Свойства определены на поперечных образцах; средние из 2–5 испытаний. | | | | | | | | | | | | | |

| 20ЮЧ, 20ЮЧ-ПВ | | | | | | |
|--|---|---|---|----------------------------------|--------------------|--|
| Пределы коррозионной длительной прочности | | | | | | |
| НД | Среда | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | |
| | | | 1·10 ⁵ | | | |
| [43] | Водный раствор NaCl (100 г/л) плюс насыщение H ₂ S до pH = 3,7–4,0 | 50 | 140 | | | |
| Коррозионная стойкость [38, 43] | | | | | | |
| Вид коррозии | Сортамент | Среда | t, °C | σ^1 , Н/мм ² | Длительность, ч | Коэффициент длины трещины, % |
| Общая | — | — | — | — | — | CLR = 0 |
| Точечная | — | — | — | — | — | |
| Коррозионное растрескивание | — | — | — | — | — | |
| Сероводородное растрескивание | Лист. 22–110 мм (20ЮЧ) | Водный раствор 5% NaCl + H ₂ S + 0,5% CH ₃ COOH до pH = 3 | | 0,8 $\sigma_{0,2}$ | 667 | Испытание 2-х образцов 10×30×100 мм на чувствительность к блистерингу в том же наводороживающем растворе без нагрузки в течение 96 часов выявили отсутствие расслоений и трещин по 3 поперечным сечениям на каждом образце |
| | | | | 0,7 $\sigma_{0,2}$ | 720 | |
| | Трубная заготовка. ϕ 115–180 мм (20ЮЧ) | Водный раствор 5% NaCl + H ₂ S + 0,5% CH ₃ COOH до pH = 3 | | 0,8 $\sigma_{0,2}$ | 255 | |
| | | | | 0,7 $\sigma_{0,2}$ | 720 | |
| | Трубы бесшовные. ϕ 42–426 мм (20ЮЧ) | Водный раствор 5% NaCl + H ₂ S + 0,5% CH ₃ COOH до pH = 3 | | 0,8 $\sigma_{0,2}$ | 323 | |
| | | | | 0,7 $\sigma_{0,2}$ | 720 | |
| | Трубная заготовка. ϕ 90–180 мм (20ЮЧ-ПВ) | Водный раствор 5% NaCl + H ₂ S + 0,5% CH ₃ COOH до pH = 3 | | 0,8 $\sigma_{0,2}$ | 720 | |
| | Лист. 65–100 мм (20ЮЧ) | Водный раствор NaCl (100 г/л) + H ₂ S до pH = 3,7–4,0 | 50 | 290 | 65 | |
| Труба. ϕ 25–325 мм (20ЮЧ) | Водный раствор H ₂ S | | 240 | 145 | | |
| Межкристаллитная | — | | | | | |
| ¹ σ — растягивающие напряжения. | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | |
| Прокатка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал прокатки, °C | из слэбов | | из заготовок | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | |
| Слиток | 1280–750 | Поковки всех размеров | На воздухе | — | На воздухе | |
| Заготовка | 1280–750 | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокочувствительность | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ | | В горячекатаном состоянии при $\sigma_n = 440\text{--}550$ Н/мм ² $K_v = 1,7$ (твердый сплав), $K_v = 1,6$ (быстрорежущая сталь) | | Не чувствительна | | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | |
| | | | | Не склонна | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|--|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|---|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 15Г | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71, ТУ 14–1–4518–88. Фасонный прокат — ТУ 14–1–1271–75. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,12–0,19 | 0,17–0,37 | 0,70–1,00 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 735 | 863 | 685 | 840 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 4543–71 | В горячекатаном состоянии | | | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 163 | | |
| | Нормализация | 865–895 | Воздух | До 80 | 245 | 410 | 26 | 55 | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 245 | 410 | 24 | 50 | — | — | — | | |
| Свыше 150 до 250 | 245 | 410 | 23 | 45 | — | | | | | | | | |
| Назначение. После улучшения — заклепки ответственного назначения; после цементации — поршневые пальцы, фрикционные диски, пальцы рессор, кулачковые валики, крепеж и другие детали с высокой твердостью и износостойкостью; без термообработки — сварные подмоторные рамы, башмаки, косынки. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | | | | | |
| 230 | — | При σ _в = 490 Н/мм ² . | — | — | 29 | — | — | — | Нормализация или деформационный нагрев. | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Механические свойства в зависимости от сечения заготовки | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ ₁₀ , % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Термообработка | | | | | |
| Слиток | 1200–825 | 19 | 870 | 940 | 6 | 67 | 66 | Закалка 890°С, вода; отпуск 425°С, масло. | | | | | |
| | | 60 | 435 | 560 | 17 | 78 | 117 | | | | | | |
| Заготовка | | 19 | 790 | 870 | 8 | 67 | 112 | Закалка 890°С, вода; отпуск 450°С, масло. | | | | | |
| | | 60 | 415 | 560 | 17 | 72 | 118 | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. | | | В нормализованном состоянии при 179 HB и σ _в = 410 Н/мм ² K _v = 1,6 (твердый сплав), K _v = 1,3 (быстрорежущая сталь) | | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|---|---|-------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|--|-------------------|-------------------|---------|--------|--|
| 20Г | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71, ТУ 14-1-4518-88. Фасонный прокат — ТУ 14-1-1271-75. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | | | | |
| 0,17–0,24 | 0,17–0,37 | 0,70–1,00 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 723 | 830 | 680 | 830 | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | | | |
| ГОСТ 4543-71 | В горячекатаном состоянии | | | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | | ≤ 179 | | | | | | | | |
| | Нормализация | 865–895 | Воздух | До 80 | 275 | 450 | 24 | 50 | — | | | | | | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 275 | 450 | 22 | 45 | — | | | | | | | | | | |
| | | | | Свыше 150 до 250 | 275 | 450 | 21 | 40 | — | — | — | | | | | | | | |
| ДЦ | Цементация | 920–950 | Воздух | | Не определяются | | | | | Поверхности 56–62 | Сердцевинны ≥ 170 | | | | | | | | |
| | Закалка | 810–830 | Масло | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 180–200 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Цианирование | 840–860 | Масло | | | | | | | | Не определяются | | | | | Поверхности 54–62 | Сердцевинны ≥ 170 | | | |
| | Закалка | | | | | | | | | | | | | | | | 820–840 | | |
| | Отпуск | | | | | | | | | | | | | | | | 180–200 | Воздух | |
| Назначение. После нормализации или без термообработки – втулки, трубки, штуцеры, оси, вкладыши, детали сварных конструкций, подмоторные рамы, косынки, башмаки, кулачковые валики и другие детали невысокой прочности. После химико-термической обработки – фрикционные диски, поршневые пальцы, пальцы рессор, кулачковые валики, болты, гайки, винты, ключи, шайбы, неотчетственные шестерни, червяки и другие детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и износостойкости при невысокой прочности сердцевинны. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | | | | | | | | | | | |
| 235 | — | Нормализация с 910°С, σ _в = 500 Н/мм ² , С – 0,20%; Mn – 0,82%. | 173 | 142 | 142 | 125 | 115–120 | Закалка с 890°С, отпуск при 650°С. Химический состав: С – 0,23%; Si – 0,80%; Mn – 0,73%; S – 0,050%; P – 0,028%. | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | | | | | |
| Слиток | 1260–800 | До 600 | Отжиг с перекристаллизацией (или нормализация), одно переохлаждение, отпуск | | | До 600 | Отжиг с перекристаллизацией (или нормализация), одно переохлаждение, отпуск | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1260–750 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | | | | |
| Сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. | | | В нормализованном состоянии при 143–187 HB K _v = 1,00 (твердый сплав), K _v = 0,95 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|--|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 30Г | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71, ТУ 14–1–4518–88. Фасонный прокат — ТУ 14–1–1271–75. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,27–0,35 | 0,17–0,37 | 0,70–1,00 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 723 | 810 | 680 | 785 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 4543–71 | В отожженном состоянии | | | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 197 | | |
| | Нормализация Отпуск | 845–875 550–650 | Воздух Воздух | До 80 | 315 | 540 | 20 | 45 | 78 | — | — | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 315 | 540 | 18 | 40 | 70 | — | — | | |
| | | | | Свыше 150 до 250 | 315 | 540 | 17 | 35 | 65 | — | — | | |
| Назначение. Тяги, оси, серьги, рычаги, муфты, валы, звездочки, цилиндры, диски, шпиндели, соединительные муфты паровых турбин, цилиндры прессов, болты, гайки, винты и другие детали, к которым предъявляются требования невысокой прочности. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 70 | – 80 | | | | | |
| 360 | 220 | Закалка с 840°С в воде, отпуск при 500–550°С. | 100 | — | 35 | — | 16 | — | Нормализация с 870°С, воздух. Химический состав: С – 0,35%; Si – 0,26%; Mn – 0,77%; S – 0,020%; P – 0,023%. | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1220–800 | Поковки всех размеров ответственного назначения | | Нормализация, два переохлаждения, отпуск. | | До 400 | На воздухе | | | | | | |
| | | Остальные поковки: | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1250–800 | до 400 | | на воздухе | | | | | | | | | |
| | | 401–800 | | отжиг низкотемпературный | | | | | | | | | |
| | | > 800 | | отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | В нормализованном состоянии при 149–197 HB K _v = 1,0 (твердый сплав), K _v = 0,8 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | Склонна при 1,0% Mn. | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 40Г | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71, ТУ 14-1-4518-88. Фасонный прокат — ТУ 14-1-1271-75. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,37-0,45 | 0,17-0,37 | 0,70-1,00 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 723 | 785 | 680 | 770 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 4543-71 | В отожженном состоянии | | | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 207 | | |
| | Закалка | 845-875 | Вода или воздух | До 80 | 355 | 590 | 17 | 45 | 59 | — | — | | |
| | | Отпуск | 550-650 | Воздух | Свыше 80 до 150 | 355 | 590 | 15 | 40 | 53 | — | — | |
| | | | | Свыше 150 до 250 | 355 | 590 | 14 | 35 | 50 | | | | |
| ДЦ | Закалка | 830-850 | Вода | — | Не определяются | | | | | 42-48 | — | | |
| | Отпуск | 180-200 | Воздух | | | | | | | | | | |
| Назначение. Оси, колечатые валы, шестерни, штоки, бандажи, детали арматуры, шатуны, звездочки, распределительные валики, головки плунжеров, карданные валы и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | | |
| 328 | — | Закалка 800°С, отпуск 650°С, σ _b = 710 Н/мм ² . | 71 | 7 | 72 | 54 | 30 | — | Горячекатаное состояние. | | | | |
| 335 | — | | 47 | 9 | 10 | 7 | — | Отжиг. | | | | | |
| 279 ¹ | — | | 177 | 159 | 140 | 120 | 84 | | | Закалка и отпуск. | | | |
| ¹ Образец с надрезом. | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1220-800 | Поковки всех размеров ответственного назначения | | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | До 400 | На воздухе | На воздухе | | | | | |
| | | Остальные поковки: | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1250-800 | до 400 | | на воздухе | | До 400 | На воздухе | | | | | | |
| | | 401-800 | | отжиг низкотемпературный | | | | | | | | | |
| | | > 800 | | отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | В нормализованном состоянии при 174-207 HB K _v = 0,95 (твердый сплав), K _v = 0,70 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | Склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|-----------------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| 45Г | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71, ТУ 14–1–4518–88. Фасонный прокат — ТУ 14–1–1271–75. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,42–0,50 | 0,17–0,37 | 0,70–1,00 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 715 | 735 | 635 | 710 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 4543–71 | В отожженном состоянии | | | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 229 | | |
| | Закалка | 835–865 | Вода или воздух | До 80 | 375 | 620 | 15 | 40 | 49 | — | — | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 375 | 620 | 13 | 35 | 44 | | | | |
| Отпуск | 550–650 | Воздух | Свыше 150 до 250 | 375 | 620 | 12 | 30 | 42 | | | | | |
| Назначение. Оси, коленчатые валы, шестерни, штоки, бандажы, детали арматуры, шатуны, карданные валы, тормозные рычаги, зубчатые колеса, анкерные болты. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | | Механические свойства в зависимости от сечения заготовок | | | | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ ₅ , % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | Термообработка | | | |
| 418 | — | При σ _в = 670 Н/мм ² . | | 30 | 550 | 800 | 18 | 55 | 78 | Закалка 840°С, вода; отпуск 570°С, воздух. | | | |
| | | | | 50 | 490 | 760 | 18 | 55 | 68 | | | | |
| 409 | — | При σ _в = 770 Н/мм ² . | | 120 | 450 | 740 | 16 | 50 | 59 | | | | |
| | | | | 200 | 430 | 740 | 16 | 45 | 59 | | | | |
| | | | | 240 | 430 | 740 | 16 | 45 | 59 | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1190–820 | — | | — | | | — | | — | | | | |
| Заготовка | | — | | — | | | — | | — | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | | В нормализованном состоянии при 174–207 НВ и σ _в = 620 Н/мм ² K _v = 0,95 (твердый сплав), K _v = 0,70 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Мало склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|-----------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------|----------------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 50Г | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71. Лента — ГОСТ 2283-79. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,48–0,56 | 0,17–0,37 | 0,70–1,00 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 723 | 760 | 680 | 740 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 4543-71 | В отожженном состоянии | | | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 229 | | | |
| | Закалка | 835–865 | Масло или воздух | До 80 | 390 | 650 | 13 | 40 | 39 | — | — | | | |
| | Отпуск | 550–650 | Воздух | Свыше 80 до 150 | 390 | 650 | 11 | 35 | 35 | — | — | | | |
| | | | | Свыше 150 до 250 | 390 | 650 | 10 | 30 | 32 | | | | | |
| ГОСТ 2283-79 | В отожженном состоянии | | | От 0,1 до 1,5 | — | 640 | 15 | — | — | — | — | | | |
| | | | | Свыше 1,5 до 4,0 | — | 740 | 10 | — | — | — | — | | | |
| | В нагартованном состоянии | | | От 0,1 до 4,0 | — | 740–1180 | — | — | — | — | — | | | |
| Назначение. Оси, коленчатые валы, шестерни, штоки, бандажи, детали арматуры, шатуны, звездочки, распределительные валики, головки плунжеров, карданные валы и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 50 | - 70 | | | | | |
| 333 | — | Закалка с 840°С, масло, отпуск при 600°С; σ _в = 660 Н/мм ² . | | — | — | 63 | 47 | 39 | — | Закалка 840°С, отпуск 560–580°С; σ _в = 800 Н/мм ² . | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | | | | | | | | До 400 | | На воздухе | | | | |
| Заготовка | 1250–780 | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 202 НВ K _v = 0,90 (твердый сплав), K _v = 0,70 (быстрорежущая сталь) | | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонна при 1% Mn | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|---|-------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------|---|----|----|----|
| 15ГС | | Поковки — ОСТ 108.030.113–87, ТУ 108.771–84, ТУ 108.772–85. Лист — ТУ 108.1268–84. Трубная заготовка — ТУ 14–1–1529–93, ТУ 14–1–1787–76, ТУ 14–1–2560–78, ТУ 108.11.653–82, ТУ 108.1267–84. Трубы — ТУ 14–3П–55–2001. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14–3П–55–2001 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ | | | | |
| 0,12–0,18 | 0,70–1,00 | 0,90–1,30 | ≤ 0,025 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | 710 | 850 | — | — | 390 | | | | |
| Для стали, изготовленной скрап-процессом или из медистых руд, допускается содержание Ni и Cr не более 0,40% каждого. | | | | | | | | 1 Температура нагрева 900°С. | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | T _к , °С | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.030.113–87 | Нормализация | 900–930 | Воздух | До 100 | 275 | 470–610 | 21 | 48 | 59 | — | — | 140–192 | | | | |
| | | | | Свыше 100 до 200 | 275 | 470–610 | 19 | 45 | 54 | — | — | 140–192 | | | | |
| | | | | Свыше 200 до 400 | 275 | 470–610 | 17 | 38 | 49 | — | — | 140–192 | | | | |
| | | | | До 400 | — | — | — | — | — | 29 | ≤ 20 | 140–192 | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14–1–1529–93 | Нормализация | 900–930 | Воздух | Ø 80–270 | не менее или в пределах | | | | | | | — | — | | | |
| | | | | | Образцы продольные | | | | | 295 | 490–610 | | | 18 | 45 | 59 |
| | | | | | Образцы поперечные | | | | | 295 | 490–610 | | | 16 | 40 | 49 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14–1–2560–78 | Нормализация | 900–950 | Воздух | Ø 370–650 s 130–275 | Образцы поперечные | | | | | | | — | — | | | |
| | | | | | 295 | 490 | 16 | 40 | 49 | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14–3П–55–2001 (взамен ТУ 14–3–420–75, ТУ 14–3–460–75) | Горячедеформированные трубы | | | Ø 57–465 s 3,5–60 | Образцы продольные | | | | | | | — | — | | | |
| | Нормализация | 900–930 | Воздух | | 294 | 490 | 18 | 45 | 59 | | | | | | | |
| | | | | Горячедеформированные трубы | | | Ø 57–465 s 3,5–60 | Образцы поперечные | | | | | | | — | — |
| | Нормализация | 900–930 | Воздух | 294 | 490 | 16 | | 40 | 49 | | | | | | | |
| | | | | Холодно- и теплodeформированные трубы | | | Ø 10–108 s 2,0–13,0 | Образцы поперечные | | | | | | | — | — |
| | Нормализация | 900–930 | Воздух | 294 | 490 | 16 | | 40 | 49 | | | | | | | |
| Допускается нормализация горячедеформированных труб с прокатного нагрева. Температура конца прокатки должна быть не ниже температуры нормализацию. Допускается проведение после нормализации отпуска при 630–670°С. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Примечание к таблице механических свойств | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Определение временного сопротивления, предела текучести, относительного удлинения проводят либо на продольных патрубках, сегментах или цилиндрических образцах, либо на поперечных цилиндрических образцах. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Определение относительного сужения проводят только на цилиндрических продольных образцах для труб с толщиной стенки 7 мм и более или на цилиндрических поперечных образцах для труб диаметром 120 мм и более. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. В случае определения механических свойств на патрубках допускается снижение относительного удлинения на 3 абс. %. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Твердость металла труб с толщиной стенки менее 5 мм не определяется. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Ударную вязкость металла определяют на трубах с толщиной стенки более 12 мм на продольных или поперечных образцах. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. Допускается снижение значений ударной вязкости на одном образце на 9,8 Дж/см ² от установленной нормы, при условии, что среднеарифметическое значение результатов испытаний образцов, отобранных от одной трубы, будет не ниже установленной нормы. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. Твердость НВ металла труб из стали не нормируется, но измеряется и заносится в документ о качестве труб. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. По требованию заказчика трубы поставляются с определением ударной вязкости при комнатной температуре на образцах с концентратором типа V (KCV) и при пониженных температурах от 0 до минус 60°С на образцах с концентратором типа V (KCV) или типа U (KCU). Значения ударной вязкости не нормируются, но заносятся в документ о качестве труб. | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 15ГС | | Механические свойства при комнатной температуре | | | |
|---|-------|--|---|----|-------------------|
| Пределы текучести и длительной прочности металла труб при повышенных температурах | | | | | |
| НД | t, °С | Предел текучести $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² , не менее | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | |
| | | | 1·10 ⁵ | | 2·10 ⁵ |
| ТУ 14–3Р–55–2001 | 250 | 245 | — | | |
| | 400 | 167 | — | | |
| | 450 | 127 | 98 | 56 | |

Примечания.

1. Значения пределов текучести и длительной прочности являются средними значениями по совокупности имеющихся данных, которые при периодических испытаниях могут быть уточнены и при необходимости исправлены. Допускается отклонение фактических значений предела длительной прочности на 20% от указанных в таблице.

2. Пределы текучести труб для промежуточных температур определяются путем линейной интерполяции между ближайшими значениями, приведенными в таблице.

3. Пределы текучести при повышенных температурах и длительной прочности металла труб должны соответствовать указанным в таблице.

Изготовитель гарантирует соответствие пределов текучести при повышенных температурах и длительной прочности металла труб указанным требованиям без проведения испытаний.

4. По требованию заказчика трубы поставляются с определением предела текучести при одной или нескольких температурах, приведенных в таблице.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
|----------------|-------------------------------------|-------|-------------------|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|----|-------------------------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.1267–84 | В термически обработанном состоянии | | | ø 630–920 s 50–80 | 275 | 490–640 | 18 | 48 | 49 | — | — | |
| | | | | | | | | | | | | не менее или в пределах |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | KCU, после механического старения, Дж/см ² | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.1268–84 | В термически обработанном состоянии | | | До 70 71–80 81–90 | Образцы поперечные | | | | | | | |
| | | | | | 295 | 490–635 | 20 | 40 | 30 | 30 | — | |
| | | | | | 295 | 490–635 | 19 | 40 | 30 | 30 | — | |
| | | | | | 275 | 470–635 | 18 | 40 | 25 | 30 | — | |

Назначение. Трубные элементы, штампованные из листа, и кованные детали котлов и трубопроводов, работающие под давлением при температуре до 450°С; трубные элементы и кованные детали сосудов, работающие под давлением при температуре от минус 40°С до 400–450°С, соответственно. Трубные элементы, штампованные и кованные детали АЭС, работающие при температуре до 400°С.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 400°С (ПНАЭГ–7–008–89).

Технологические характеристики [1, 7]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|--|--|--|--------------------|----------------------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | Гибка труб в горячем состоянии осуществляется нагревом до 900°С, начало гибки — 760°С, конец — 720°С | | | | |
| Заготовка | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокеночувствительность | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | После нормализации при $\sigma_{в} = 490$ Н/мм ² $K_v = 1,62$ (твердый сплав), $K_v = 1,37$ (быстрорежущая сталь) | | Не чувствительна | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| | | | | Не склонна | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|--|---------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 16ГС | | Лист — ГОСТ 5520–79, ГОСТ 19281–89, ТУ 14–1–5241–93. Поковки — ГОСТ 8479–70, ОСТ 108.030.113–87. Сортовой и фасонный прокат — ГОСТ 19281–89. Гнутые профили — ГОСТ 19281–89. Широкополосный прокат — ГОСТ 19281–89. Трубы — ТУ 3–923–75, ТУ 95.499–83, ТУ 05764417–008–93, ТУ 05764417–036–95. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | N | As | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,12–0,18 | 0,40–0,70 | 0,90–1,20 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,008 | ≤ 0,08 | ≤ 0,30 | ГОСТ 5520–79 | 736–745 | 920–927 | 641–735 | 791–820 |
| 0,12–0,18 | 0,40–0,70 | 0,90–1,20 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,012 | ≤ 0,08 | ≤ 0,30 | ГОСТ 19281–89 | | | | |
| 0,12–0,18 | 0,40–0,70 | 0,90–1,20 | ≤ 0,035 | ≤ 0,030 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | — | ≤ 0,30 | ТУ 05764417–008–93 | | | | |
| 0,12–0,18 | 0,40–0,70 | 0,90–1,20 | ≤ 0,035 | ≤ 0,030 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | — | ≤ 0,30 | ТУ 05764417–036–95 | | | | |

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|-------|-------------------|----------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|---|-------|----------|------|---|--|--|--|--|--|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | не менее | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520–79 | В горячекатаном или термически обработанном состоянии (испытание механических свойств на поперечных образцах) | | | До 5 | 20 | 325 | 490 | 21 | — | — | — | — | d=2a | | | | | | | | | | |
| | | | | | 20 | 325 | 490 | 21 | — | 59 | 39 | 29 | d=2a | | | | | | | | | | |
| | | | | От 5 до 10 | 0 | — | — | — | — | — | — | 39 | — | — | — | | | | | | | | |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | | | | |
| | | | | | –70 | — | — | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | | | | |
| | | | | От 10 до 20 | 20 | 315 | 480 | 21 | — | — | — | 59 | 39 | 29 | d=2a | | | | | | | | |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | — | — | 34 | — | — | — | | | | | | | |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | — | — | 29 | — | — | — | — | | | | | | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | 20 | 295 | 470 | 21 | — | — | — | 59 | 39 | 29 | d=2a | | | | | | | | |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | — | — | 34 | — | — | — | | | | | | | |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | — | — | 29 | — | — | — | — | | | | | | | |
| | | | | Свыше 32 до 60 | 20 | 285 | 460 | 21 | — | — | — | 59 | 39 | 29 | d=2a | | | | | | | | |
| 0 | — | — | — | | — | — | — | — | 34 | — | — | — | | | | | | | | | | | |
| –40 | — | — | — | | — | — | — | 29 | — | — | — | — | | | | | | | | | | | |
| Свыше 60 до 160 | 20 | 275 | 450 | 21 | — | — | — | 59 | 39 | 29 | d=2a | | | | | | | | | | | | |
| | 0 | — | — | — | — | — | — | — | 34 | — | — | — | | | | | | | | | | | |
| | –40 | — | — | — | — | — | — | 29 | — | — | — | — | | | | | | | | | | | |
| От 4 до 160 | 20 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | d=2a | | | | | | | | | | | |
| | –70 | — | — | — | — | — | — | 24 | — | — | — | — | | | | | | | | | | | |

16 и 18 категории с обязательным выполнением УЗК по п. 5.18 (Примечание 8 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

Пределы текучести, длительной прочности и ползучести

| НД | t, °С | Предел текучести $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|--------------|-------|---|-----|---|-------------------|-------------------|--|-------------------|
| | | не менее | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520–79 | 200 | 245 | | — | — | — | — | — |
| | 250 | 225 | | — | — | — | — | — |
| | 300 | 196 | | — | — | — | — | — |
| | 300 | 206 ¹ | | — | — | — | — | — |
| | 350 | 176 | | — | — | — | — | — |
| | 390 | — | | 277 | 194 | 174 | 197 | 137 |
| | 400 | 157 | | 248 | 172 | 152 | 175 | 102 |
| | 410 | — | | 221 | 151 | 132 | 155 | 106 |
| | 420 | — | | 194 | 132 | 115 | 137 | 93 |
| | 430 | — | | 172 | 115 | 100 | 121 | 80 |
| 440 | — | | 150 | 100 | 86 | 106 | 69 | |
| 450 | 137 | | 131 | 86 | 75 | 92 | 59 | |

| 16ГС | | Механические свойства | | | | | |
|--|-------|---|---|-------------------|-------------------|--|-------------------|
| Пределы текучести, длительной прочности и ползучести (окончание) | | | | | | | |
| НД | t, °C | Предел текучести $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | | не менее | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| ГОСТ 5520-79 | 460 | — | 116 | 75 | 64 | 80 | 50 |
| | 470 | — | 102 | 64 | 54 | 70 | 43 |
| | 480 | — | 88 | 54 | 45 | 61 | 37 |
| | (490) | — | 78 | 46 | 38 | 53 | 31 |

¹ Применяется в договорно-правовых отношениях.

Указанные значения длительной прочности и ползучести являются средними.

Значение температуры в скобках показывает, что сталь при этой температуре нельзя применять в условиях длительной нагрузки.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ | КП |
|--------------|----------------------|-------|-------------------|---------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479-70 | Нормализация | ПС | | От 100 до 300 | 20 | 215 | 430 | 20 | 48 | 49 | 123-167 | 215 |
| | Нормализация | ПС | | От 100 до 300 | 20 | 245 | 470 | 19 | 42 | 39 | 143-179 | 245 |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | КCU, после механического старения, Дж/см ² | НВ | Изгиб |
|---------------|--|-----------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|------|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19281-89 | Листовой и широкополосный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | До 10 | 20 | 325 | 450 | 21 | — | 59 | 29 | — | — | d=2a | |
| | | | -40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | | |
| | | | -70 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| | | Свыше 10 до 20 | 20 | 315 | 450 | 21 | — | 59 | 29 | — | — | d=2a | |
| | | | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| | | | -70 | — | — | — | — | 24 | — | — | — | | |
| | Свыше 20 до 160 | 20 | 265 | 450 | 21 | — | 59 | 29 | — | — | d=2a | | |
| | | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | |
| | | -70 | — | — | — | — | 24 | — | — | — | | | |
| | Гнутые профили | До 10 | 20 | 325 | 450 | 21 | — | — | — | — | — | d=2a | |
| | | | Свыше 10 до 20 | 20 | 315 | 450 | 21 | — | — | — | — | d=2a | |
| | | Свыше 20 до 160 | 20 | 265 | 450 | 21 | — | — | — | — | — | d=2a | |

С обязательным выполнением п.п. 2.2.12 и 4.5.1 (Примечание 11 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | T _k , °C | НВ |
|--------------------|----------------------|---------|-------------------|-----------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.030.113-87 | Нормализация | 900-930 | Воздух | До 100 вкл. | 20 | 275 | 450-610 | 22 | 48 | 59 | — | ≤ 20 | 140-192 |
| | | | | Свыше 100 до 200 вкл. | 20 | 275 | 450-610 | 20 | 45 | 54 | — | | |
| | | | | Свыше 200 до 400 вкл. | 20 | 275 | 450-610 | 18 | 38 | 49 | 29 | | |

Ударная вязкость поковок категории Т — КCU, поковок категории А — KCV.

С обязательным выполнением пп. 1.17, 4.3 и 4.4.

| Условный предел текучести при повышенной температуре, Н/мм ² | | | | Механические свойства металла поковок при повышенных температурах (минимальные значения) | | | | |
|---|-------------------|-----|--|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|
| t, °C | Категория поковок | | Примечание | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % |
| | Т | А | | | | | | |
| 250 | 218 | 248 | У поковок категории Т с расчетной температурой выше 150°C и категории А с расчетной температурой выше 100°C величина предела текучести при повышенной температуре должна соответствовать требованиям таблицы (Т — тепловые, А — атомные) | 250 | — | 385 | 14 | 40 |
| 300 | 200 | 230 | | 300 | — | 375 | 15 | 41 |
| 350 | 180 | 200 | | 350 | — | 355 | 17 | 42 |
| 400 | 161 | 170 | | 400 | — | 325 | 18 | 44 |
| 450 | 134 | 132 | | 400 | — | 325 | 18 | 44 |
| | | | | 450 | — | 325 | 18 | 44 |

| 16ГС | | | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|-------------|----------------------|-------|-------------------|-------------------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 3-923-75 | Закалка | | | ø 480-600 s 15-45 | 20 | 294 | 491 | 18 | 40 | 59 | 24,5 | — | — |
| | Отпуск | | | ø свыше 600 до 730 s до 45 | 20 | 294 | 491 | 18 | 40 | 59 | 19,6 | — | — |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | Изгиб |
|--------------|--------------------------------------|----------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------|-------------------------|----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 95.499-83 | Лист. В нормализованном состоянии | | | До 10 | 20 | Основной металл трубы | | | | | | |
| | | | | | | — | 490 | — | — | 59 | — | d=2a |
| | | | | Свыше 10 | 20 | — | 470 | — | — | 59 | — | d=2a |
| | | | | | | Сварные соединения трубы | | | | | | |
| До 10 | 20 | — | 500 | — | — | 59 | — | Угол изгиба не менее 180° | | | | |
| | | Свыше 10 | 20 | — | 480 | — | — | | 59 | — | | |

Максимальная допускаемая температура применения 200°C (Примечание 30 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 057644 17-008-93 | Нормализация | | | ø 426-920 | 20 | 290 | 490 | 18 | 40 | 60 | 30 | — | — |
| | Отпуск | | | s 32-70 | 50 | — | — | — | — | — | 45 | — | — |
| ТУ 057644 17-036-95 | Нормализация | | | ø 426-920 | 20 | 290 | 490 | 18 | 40 | — | 30 | — | — |
| | Отпуск | | | s 32-70 | 50 | — | — | — | — | — | 45 | — | — |

Требования к механическим свойствам и ударной вязкости (за исключением KCV) листового проката установлены для поперечных образцов, труб – для тангенциальных образцов.

Назначение. Кованые и штампованные детали, а также трубные элементы, работающие под давлением в котлах и трубопроводах пара и горячей воды при температуре до 450°C, в сосудах — при температурах от минус 40°C до 475°C, в атомных энергетических установках — при температуре до 400°C. Корпусы аппаратов, днища, фланцы, стационарные трубопроводы питательной воды котлов СВП, работающие при 280°C и давлении 38 Н/мм². Элементы сварных металлоконструкций, работающие при температуре до минус 70°C.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 400°C (ПНАЭГ-7-008-89).

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | НД | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|----------------|-----|---|---------|--------|-------|-------|------|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 70 | |
| — | — | — | [1] | 60-200 | 115-180 | 94-210 | 7-183 | 7-145 | | Нормализация с 950°C, отпуск при 600-750°C |
| | | | | Лист толщиной 4-160 мм. Образцы поперечные | | | | | | |
| | | | [5] | — | 115-180 | 94-210 | 7-183 | 7-145 | — | Без термообработки |
| | | | | — | — | — | — | — | 250 | Нормализация |
| Лист толщиной 4-160 мм. Образцы поперечные | | | | | | | | | | |

| 16ГС | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|------|----------------------|---|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|-------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | Изгиб |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Лист. Сорты | | | 4-10 | 330 | 500 | 21 | 18 | — | — | d=2a |
| | Состояние поставки | | | 11-20 | 320 | 490 | 21 | 18 | 600 | — | |
| | | | | 21-32 | 300 | 480 | 21 | 18 | 600 | — | |
| | | | | 33-60 | 290 | 470 | 21 | 18 | 600 | — | |
| | | | | 61-160 | 280 | 460 | 21 | 18 | 600 | — | |
| | Лист. Сорты | | | 10-32 | 330 | 500 | 21 | — | — | — | |
| | Закалка | ПС | | | | | | | | | |
| | Лист горячекатаный | | | 4-10 | 330 | 500 | 22 | 18 | — | — | d=2a |
| | Состояние поставки | | | 11-16 | 320 | 490 | 22 | 18 | 600 | — | |
| | | | | 17-30 | 300 | 480 | 22 | 18 | 600 | — | |
| | | | 32-60 | 290 | 470 | 22 | 18 | 600 | — | | |
| | | | 61-160 | 280 | 460 | 22 | 18 | 600 | — | | |

Для толщин менее 8 и более 20 мм допустимо уменьшение удлинения.

| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-------|-------------------|--------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | Лист | | | 4-160 | 20 | Образцы поперечные | | | | | | |
| | Состояние поставки | | | | | 250 | 480 | 27 | 51 | 60 | — | |
| | или | | | | | 200 | 430 | 24 | 52 | 210 | — | |
| | Нормализация | | | | | 250 | — | — | — | 250 | — | |
| | Отпуск | | | | | 300 | 200 | 400 | 22 | 48 | 230 | — |
| | | | | | | 350 | 180 | 460 | 25 | 66 | 210 | — |
| | | | | | | 400 | 180 | 410 | 27 | 64 | 130 | — |
| | | | | | | 500 | 150 | 260 | 31 | 68 | 120 | — |
| | | | | | | 550 | 140 | 260 | 37 | 68 | — | — |
| | | | | | | 600 | 110 | 160 | 38 | 82 | 120 | — |
| | Труба | | | ø 325×30 | 20 | Образцы тангенциальные | | | | | | |
| | Горячекатаное состояние | | | | | 280 | 480 | 28 | 57 | 100 | — | |
| | | | | | | 280 | 250 | 530 | 21 | 45 | 55 | — |
| | | | | | | 400 | 240 | 520 | 22 | 54 | — | — |
| | Горячекатаное состояние | | | | | 20 | 230 | 420 | 26 | 53 | 70 | — |
| | Отпуск | | | | | 280 | 220 | 410 | 21 | 55 | — | — |
| | | | | | | 400 | 200 | 430 | 20 | 57 | — | — |
| | Нормализация | | | | | 20 | 270 | 450 | 26 | 60 | 130 | — |
| | | | | | | 280 | 270 | 480 | 14 | 53 | — | — |
| | | | | | | 400 | 240 | 460 | 23 | 66 | — | — |
| Нормализация | | | 20 | 330 | 560 | 30 | 68 | 110 | — | | | |
| | | | 280 | 285 | 570 | 21 | 60,5 | 125 | — | | | |
| | | | 400 | 245 | 560 | 15 | 59 | 90 | — | | | |
| Закалка | | | 20 | 610 | 920 | 14 | 41 | 95 | — | | | |
| | | | 280 | 620 | 950 | 13 | 30 | 85 | — | | | |
| | | | 400 | 490 | 690 | 11 | 57 | 65 | — | | | |
| Нормализация | | | 20 | 220 | 390 | 23 | 57 | 95 | — | | | |
| Отпуск | | | 280 | 220 | 420 | 16 | 54 | — | — | | | |
| | | | 400 | 200 | 410 | 18 | 58 | — | — | | | |
| Горячекатаное состояние | | | 20 | Образцы продольные | | | | | | | | |
| | | | | 260 | 480 | 27 | 65 | 120 | 143 | | | |
| | | | | 280 | 270 | 590 | 19 | 43 | 170 | 143 | | |
| | | | 400 | 240 | 530 | 25 | 57 | — | 143 | | | |

| 16ГС | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|-------|-------------------|---------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [20] | В состоянии поставки образца | | | Лист $\delta=26$ | 20 | 290 | 500 | 27 | 51 | — | — |
| | | | 200 | | 235 | 430 | 24 | 52 | — | — | |
| | | | 300 | | 230 | 460 | 29 | 48 | — | — | |
| | | | 400 | | 220 | 420 | 27 | 64 | — | — | |
| | | | 450 | | 200 | 380 | 26 | 63 | — | — | |
| | | | 500 | | 180 | 310 | 31 | 68 | — | — | |
| | | | 550 | 140 | 260 | 37 | 68 | — | — | | |

Состав стали: С = 0,17%; Si = 0,44%; Mn = 1,12%; Cr = 0,12%; Ni = 0,06; Cn = 0,03%; S ≤ 0,027%; P < 0,024%.

| Чувствительность к охрупчиванию [5] | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|---------------|---------------------------------------|----------------------|-------|---|--------------------|--------|-------------------------|-------|---------|---------|
| Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [5] | | Сортамент, мм | Термообработка | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | |
| | | | | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | —40 | —70 | | |
| 400 | 300 | 4–10 | Лист. Сор. Состояние поставки | Закалка | 950 | Масло | Труба ø 325×300 | —40 | 85–101 | | | |
| 300 | 250 | 11–20 | | | | | | Отпуск | 650, 2 ч | Масло | —20 | 81–84 |
| 300 | 250 | 21–32 | | | | | | | | | 0 | 140–142 |
| 300 | 250 | 33–60 | | | | | | 20 | 170–190 | | | |
| 300 | 250 | 61–160 | | | | | | 40 | 160–195 | | | |
| 520 | 300 | 10–32 | Лист. Сор. Закалка + отпуск | Закалка | 950 | Масло С печью со скоростью 10 °C/ч | | —40 | 70–81 | | | |
| — | — | 4–10 | Лист горячекатаный Состояние поставки | | | | | Отпуск | 650, 2 ч | —20 | 85–104 | |
| 300 | 250 | 11–16 | | | | | | | | 0 | 82–95 | |
| 300 | 250 | 17–30 | | | | | | | | 20 | 110–140 | |
| 300 | 250 | 32–60 | | | | | | | | 40 | 120–122 | |
| 300 | 250 | 61–160 | | | | | | | | | | |

| Механические свойства после длительного старения | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-------------|--------------------|------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | | |
| [5] | Труба горячекатаная | | | ø 325×300 | Исходное состояние | | 20 | 300 | 520 | 29 | 59 | 110 | 148 |
| | | | | | 280 | 3000 | 20 | 290 | 500 | 30 | 60 | 54 | 156 |
| | | | | | 400 | 3000 | 20 | 260 | 485 | 32 | 60,7 | 59 | — |
| | Лист | | | | — | — | 20 | 240 | 490 | 34 | 62 | 140 | — |
| | | | | | — | — | 300 | 210 | 460 | 25 | 64 | 230 | — |
| | | | | | — | — | 400 | 185 | 410 | 31 | 75 | 190 | — |
| | | | | | 400 | 4000 | 20 | 330 | 550 | 27 | 57,5 | 170 | — |
| 940–960, 5 ч скорость 100 °C/ч | | | | 400 | 4000 | 300 | 270 | 500 | 21 | 60 | 300 | — | |
| | | | | 400 | 4000 | 400 | 300 | 480 | 22 | 68 | 230 | — | |
| 600 скорость 50 °C/ч | | | | | | | | | | | | | |

| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|---|--|--|--|--|-------------------|--|--|--|--|
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | | | |
| | | 1·10 ⁴ | | | | | 1·10 ⁵ | | | | |
| [20] | 400 | 138–155 | | | | | 109–129 | | | | |
| | 470 | 105–120 | | | | | 80–94 | | | | |
| | 500 | 80–90 | | | | | 60–66 | | | | |

| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|--|--|--------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|--|--|--|
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | | из слитков | | | из заготовок | | | | | |
| | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1200–850 | | Гибка труб в горячем состоянии осуществляется нагревом до 900°C, начало гибки — 760°C, | | | | | | | | |
| Заготовка | 1200–850 | | конец — 720°C | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Сваривается без ограничений. | | | В нормализованном состоянии при $\sigma_b = 460$ Н/мм ² $K_v = 1,84$ (твердый сплав), $K_v = 1,7$ (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | |
| Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|-------------------|---|-------------------|--------------------------------------|--|----------------------|--------|-------------------------|---------------------------------------|---|-----------------|-----------------|--------|
| 17ГС | | Лист — ГОСТ 5520–79, ГОСТ 19281–89, ТУ 14–1–5241–93. Сортовой и фасонный прокат, полоса, гнутые профили — ГОСТ 19281–89. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С [1] | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As ¹ | N | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn [4] |
| 0,14–0,20 | 0,40–0,60 | 1,00–1,40 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 ² | ≤ 0,30 | ГОСТ 5520–79 | 745 | 870 | 680 | 790 | 380 |
| 0,14–0,20 | 0,40–0,60 | 1,00–1,40 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,012 | ≤ 0,30 | ГОСТ 19281–89 | | | | | |
| ¹ При выплавке стали из керченских руд допускается массовая доля As до 0,15%, при этом массовая доля P — не более 0,03%. ² При выплавке в электрических печах массовая доля остаточного азота должна быть не более 0,012%. Допускается добавка Al и Ti из расчета получения в прокате массовой доли Al не более 0,05%, Ti — не более 0,03%. Независимо от способа выплавки и категории лист из стали с массовой долей N более 0,008% должен выдерживать испытание на механическое старение. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | KCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520–79 | Лист в горячекатаном или термически обработанном состоянии (после нормализации) | | | До 5 | 20 | 345 | 510 | 23 | — | — | — | — | d=3,5a | | |
| | | | | От 5 до 10 | 20 | 345 | 510 | 23 | — | — | — | 29 | d=3,5a | | |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 44 | — | — | — | | |
| | | | | От 10 до 20 | 20 | 335 | 490 | 23 | — | — | — | 29 | d=3,5a | | |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 34 | — | — | — | | |
| От 5 до 50 | 0 | — | — | — | — | — | — | 34 | — | — | | | | | |
| Пределы текучести, длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °С | Предел текучести σ _{0,2} , Н/мм ² | | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | | |
| | | не менее | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | | | | |
| ГОСТ 5520–79 | 200 | 245 | | — | — | — | — | — | | | | | | | |
| | 250 | 225 | | — | — | — | — | — | | | | | | | |
| | 300 | 206 | | — | — | — | — | — | | | | | | | |
| | 350 | 176 | | — | — | — | — | — | | | | | | | |
| | 390 | — | | 277 | 194 | 174 | 197 | 137 | | | | | | | |
| | 400 | 157 | | 248 | 172 | 152 | 175 | 102 | | | | | | | |
| | 410 | — | | 221 | 151 | 132 | 155 | 106 | | | | | | | |
| | 420 | — | | 194 | 132 | 115 | 137 | 93 | | | | | | | |
| | 430 | — | | 172 | 115 | 100 | 121 | 80 | | | | | | | |
| | 440 | — | | 150 | 100 | 86 | 106 | 69 | | | | | | | |
| | 450 | 137 | | 131 | 86 | 75 | 92 | 59 | | | | | | | |
| | 460 | — | | 116 | 75 | 64 | 80 | 50 | | | | | | | |
| | 470 | — | | 102 | 64 | 54 | 70 | 43 | | | | | | | |
| | 480 | — | | 88 | 54 | 45 | 61 | 37 | | | | | | | |
| (490) | — | | 78 | 46 | 38 | 53 | 31 | | | | | | | | |

Указанные значения длительной прочности и ползучести являются средними.

Значение температуры в скобках показывает, что сталь при этой температуре нельзя применять в условиях длительной нагрузки.

| 17ГС | | Механические свойства | | | | | | | | | | |
|---------------|--|--|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|-------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19281-89 | Листовой и широкополосный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | До 5 | 20 | 20 | 345 | 490 | 23 | — | 64 | 29 | d=2a | |
| | | | | -40 | — | — | — | — | 39 | — | — | |
| | | | | -70 | — | — | — | — | 29 | — | — | |
| | | | Свыше 5 до 10 | 20 | 345 | 490 | 23 | — | 64 | 29 | d=2a | |
| | | | | -40 | — | — | — | — | 44 | — | — | |
| | | | | -70 | — | — | — | — | 29 | — | — | |
| | | Свыше 10 до 20 | 20 | 325 | 450 | 21 | — | 59 | 29 | d=2a | | |
| | | | -40 | — | — | — | — | 34 | — | — | | |
| | | | -70 | — | — | — | — | 29 | — | — | | |
| | | Гнутые профили в горячекатаном или термически обработанном состоянии | До 10 | 20 | 345 | 490 | 23 | — | — | — | d=2a | |
| | | | | От 10 до 20 | 20 | 325 | 450 | 21 | — | — | — | d=2a |

Требования к механическим свойствам и ударной вязкости (за исключением КСВ) листового проката установлены для поперечных образцов.

Назначение. Днища, фланцы, корпуса аппаратов и другие сварные детали, работающие под давлением при температуре до 350°C в котлах и трубопроводах и при температурах от минус 40°C до 475°C в сосудах. Электросварные трубы трубопроводов пара и горячей воды с температурой 425°C (прямошовные) и 350°C (спиральношовные) и давлением до 2,5 Н/мм².

Механические свойства стали для труб

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|------|------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [17] | Поставка в горячекатаном состоянии | Толщина проката | 20 | 345 | 510 | 23 | — | — | — | — | |
| | | | -40 | — | — | — | — | 34 | — | | |

Пределы ползучести

| НД | t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | |
|-----|-------|--|-------------------|-------------------|
| | | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | 5/10 ⁶ |
| [4] | 450 | 92 | 86 | 74 |
| | 480 | 61 | 37 | 45 |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200-850 | ПС | | | |
| Заготовка | 1200-850 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | В термически обработанном состоянии при $\sigma_b = 460$ Н/мм ² $K_v = 1,84$ (твердый сплав), $K_v = 1,7$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | Температура критических точек, °С [1] | | | | | |
|----------------------------|-----------|--|---------|---------|--------|--------|-----------------|----------------------|--------|---------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| 17Г1С | | Лист — ГОСТ 5520–79, ГОСТ 19281–89, ТУ 14–1–5241–93. Полоса — ГОСТ 19281–89. Гнутые профили — ГОСТ 19281–89. | | | | | | | | | НД | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn [4] |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As ¹ | N | Cu | | | | | | | |
| 0,15–0,20 | 0,40–0,60 | 1,15–1,60 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 ² | ≤ 0,30 | ГОСТ 5520–79 | 745 | 870 | 680 | 790 | 380 | |
| 0,15–0,20 | 0,40–0,60 | 1,15–1,60 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,012 | ≤ 0,30 | ГОСТ 19281–89 | | | | | | |

¹ При выплавке стали из керченских руд допускается массовая доля As до 0,15%, при этом массовая доля P — не более 0,03%.

² При выплавке в электрических печах массовая доля остаточного азота должна быть не более 0,012%.

Допускается добавка Al и Ti из расчета получения в прокате массовой доли Al не более 0,05%, Ti — не более 0,03%.

Независимо от способа выплавки и категории лист из стали с массовой долей N более 0,008% должен выдерживать испытание на механическое старение.

| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|-------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-------------------------|---|--------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | KCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520–79 | Лист в горячекатаном или термически обработанном состоянии (после нормализации или закалки с отпуском) | | | До 5 | 20 | 355 | 510 | 23 | — | — | — | — | d=3,5a |
| | | | | От 5 до 10 | 20 | 355 | 510 | 23 | — | — | — | 29 | d=3,5a |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 44 | — | — | — |
| | | | | От 10 до 20 | 20 | 345 | 510 | 23 | — | — | — | 29 | d=3,5a |
| –40 | — | — | — | | — | 39 | — | — | — | | | | |
| | | | | От 5 до 50 | 0 | — | — | — | — | — | 34 | — | — |

| Предел текучести при повышенных температурах | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| НД | Предел текучести σ _{0,2} , Н/мм ² , при t, °С, не менее | | | | | | |
| | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | |
| ГОСТ 5520–79 | 265 | 245 | 225 | 206 | 176 | 176 | |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | KCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | |
|---------------|--|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-------------------------|---|-------|----------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 19281–89 | Листовой и широкополосный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | Свыше 20 до 60 ¹ | 20 | 315 | 450 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | |
| | | | | | –70 | — | — | — | — | 24 | — | — | — | |
| | | | | | Свыше 20 до 60 ¹ | 20 | 325 | 450 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a |
| | | | | | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — |
| | | | | | | –70 | — | — | — | — | 24 | — | — | — |
| | | | | Свыше 10 до 20 | 20 | 345 | 490 | 23 | — | — | — | 29 | d=2a | |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | 40 | — | — | |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | — | 40 | — | — | |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | |
| | | | | До 32 ¹ | 20 | 345 | 490 | 23 | — | — | — | 29 | d=2a | |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | 40 | — | — | |
| –20 | — | — | — | | — | — | 40 | — | — | | | | | |
| –40 | — | — | — | | — | 29 | — | — | — | | | | | |
| | | | | –70 | — | — | — | 29 | — | — | — | — | | |

| 17Г1С | | Механические свойства | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|-----------------------|-------------------|-----------------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|--|--|---|-------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ ₁ ² , Дж/см ² | КСУ ₂ ² , Дж/см ² | КСУ, после механического старения ² , Дж/см ² | Изгиб |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19281–89 | Листовой и широкополосный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | До 10 | 20 | 355 | 490 | 21 | — | — | — | 29 | d=2a |
| | | | | | 20 | 355 | 490 | 21 | — | — | — | 29 | d=2a |
| | | | | Свыше 10 до 20 ¹ | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — |
| | | | | | 20 | 375 | 510 | 20 | — | — | — | 29 | d=2a |
| | | | | Свыше 32 до 50 ² | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — |
| | | | | | –70 | — | — | — | — | 29 | — | — | — |
| | Гнутые профили в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | Свыше 20 до 60 ¹ | 20 | 315 | 450 | 21 | — | — | — | — | d=2a |
| | | | | | 20 | 325 | 450 | 21 | — | — | — | — | d=2a |
| | | | | Свыше 10 до 20 | 20 | 345 ³ | 490 | 23 | — | — | — | — | d=2a |
| | | | | До 32 ¹ | 20 | 345 ³ | 490 | 23 | — | — | — | — | d=2a |
| До 10 | | | | 20 | 355 | 490 | 21 | — | — | — | — | d=2a | |
| Свыше 10 до 20 ¹ | | | | 20 | 355 | 490 | 21 | — | — | — | — | d=2a | |
| Свыше 32 до 50 ² | | | | 20 | 375 | 510 | 20 | — | — | — | — | d=2a | |

¹ Регламентируемая или контролируемая прокатка или ускоренное охлаждение.

² Закалка плюс отпуск.

³ При заказе класса прочности КП 345 относительное удлинение (δ) должно быть не менее 23%.

Требования к механическим свойствам и ударной вязкости (за исключением КСВ) листового проката установлены для поперечных образцов.

Назначение. Электросварные трубы трубопроводов пара и горячей воды с температурой 425°С (прямошовные) и 350°С (спиральношовные) и под давлением до 2,5 Н/мм². Днища, фланцы, корпуса аппаратов и другие сварные детали, работающие под давлением при температуре до 350°С в котлах и трубопроводах и при температурах от минус 40°С до 475°С в сосудах.

| 17Г1С | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [18] | Закалка | 880 | Вода | | | | | | | | |
| | Отпуск | 200 | Воздух | | 1170 | 1370 | 13,5 | 52 | 65 | 41 | — |
| | | 300 | Воздух | | 1090 | 1270 | 13 | 50 | 53 | 36 | — |
| | | 400 | Воздух | | 970 | 1100 | 15 | 58 | 77 | 30 | — |
| | | 500 | Воздух | | 810 | 930 | 18 | 62 | 110 | 25 | — |
| | | 600 | Воздух | | 600 | 665 | 23 | 70 | 145 | 18 | — |

Приведены данные для стали с содержанием углерода (С) 0,16%.

| Вязкость разрушения в зависимости от температуры, Дж/см ² | | | | | | | | | | |
|--|-------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|
| НД | t, °C | Напряжение, % от $\sigma_{0,2}$ | | | | | | | | |
| | | 0 | | | 40 | | | 80 | | |
| | | КСУ | КС ₃ | КС _p | КСУ | КС ₃ | КС _p | КСУ | КС ₃ | КС _p |
| [18] | 20 | 184 | 69 | 115 | 157 | 71 | 86 | 139 | 46 | 93 |
| | -40 | 114 | 57 | 57 | 87 | 44 | 43 | 68 | 39 | 29 |
| | -60 | 88 | 51 | 37 | 73 | 46 | 27 | 47 | 34 | 13 |

Приведены данные для стали с содержанием углерода (С) 0,16%.

КСУ, КС₃, КС_p определены на образцах с надрезом типа 1 по ГОСТ 9454-78 при динамическом изгибе предварительно нагруженных образцов.

| Порог хладноломкости, °C [9] | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|-----------------|---|---|-----|-----|-----|-----|--|
| T ₉₀ | T ₅₀ | T ₁₀ | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | |
| +15 | -12 | -90 | 73 | — | 52 | 48 | 37 | — | Труба горячекатаная. $\sigma_{0,2} = 320$ Н/мм ² , $\sigma_b = 530$ Н/мм ² |
| Приведены данные для стали с содержанием углерода (С) 0,16%. | | | 78 | — | 71 | 64 | 53 | — | Труба горячекатаная после закалки с отпуском. $\sigma_{0,2} = 475$ Н/мм ² , $\sigma_b = 670$ Н/мм ² |

Технологические характеристики [1, 7]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200-850 | ПС | | | |
| Заготовка | — | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | В термически обработанном состоянии при $\sigma_b = 460$ Н/мм ² $K_v = 1,84$ (твердый сплав), $K_v = 1,7$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|--|--------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-----|
| 17Г1СУ | | Труба — ТУ 14-1-1950-89. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-1950-89 | | | | | | | | Температура критических точек, °С [7] | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,15–0,20 | 0,40–0,60 | 1,15–1,55 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,03 | 745 | 870 | 680 | 790 | 380 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [17] | Нормализация | ПС | — | — | 20 | 365–460 | 510–630 | 23 | 49 | — | — | — |
| | | | | | –60 | — | — | — | — | — | 39 | — |
| Назначение. Сталь предназначена для магистральных трубопроводов тепловых электростанций и тепловых сетей, а также магистральных газонефтепроводов. | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [7] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1200–850 | ПС | | | | | | | | | | |
| Заготовка | — | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | | | В термически обработанном состоянии при σ _b = 460 Н/мм ² K _v = 1,84 (твердый сплав), K _v = 1,7 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | | |
|----------------------------|-----------|--|---------|---------|--------|--------|--------|-------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 20ГС | | Поковки — ГОСТ 8479-70, ОСТ 108.236.01-86. Прокат — ГОСТ 10884-94. | | | | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ag ₁ | Ag ₃ | Mn ¹ |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | ГОСТ 10884-94 | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ag ₁ | Ag ₃ | Mn ¹ |
| 0,17–0,22 | 1,00–1,50 | 1,00–1,50 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ГОСТ 10884-94 | 730 | 860 | — | — | 390–410 |
| 0,16–0,22 | 0,60–0,80 | 1,00–1,30 | ≤ 0,020 | ≤ 0,030 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ОСТ 108.236.01-86 | ¹ Температура нагрева 930°С. | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-------------------|-------------------------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|----------------|-------------------------|--------------------|-----------------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479-70 | Нормализация | 890–910 | Воздух | До 100 | 245 | 470 | 22 | 48 | 49 | — | 143–179 |
| | Отпуск | 550–650 | Воздух | 100–300 | 245 | 470 | 19 | 42 | 39 | — | 143–179 |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | δ_p , % | KCU, Дж/см ² | Испытание на изгиб | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | Угол, град. | Диаметр оправки |
| ГОСТ 10884-94 | Электронагрев арматуры класса АТ-IV | 400 | | 10–40 | 590 | 780 | 11 | 3 | — | 45 | 5d |
| | Электронагрев арматуры класса АТ-V | 400 | | 10–14 | 785 | 980 | 8 | 2 | — | 45 | 5d |
| | | | | 16–32 | 785 | 980 | 7 | 2 | — | 45 | 5d |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.236.01-86 | В термически обработанном состоянии | | | До 300 | 255 | 480 | 14 | 30 | 39 | — | — |

Назначение. Крупные детали с большим объемом сварки: валы гидротурбин, цилиндры гидропрессов и др., прокат термически или термомеханически упрочненный периодического профиля для армирования железобетонных конструкций.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость сварного соединения после механического старения, KCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | Место вырезки образца |
|--|-------------|----------------|--|----------------|-------|-------------------------------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | До старения | После старения | | |
| — | — | — | +20 | +20 | 0 | Основной металл Околошовная зона |
| | | | 134–165 | 63–79 | 39–91 | |
| | | | 100–120 | 33–67 | 48 | |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–800 | — | На воздухе | — | — |
| Заготовка | | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | В нормализованном состоянии при 143–179 НВ и $\sigma_b = 470$ Н/мм ² $K_v = 1,54$ (твердый сплав), $K_v = 1,26$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Мало склонна |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|-------------------------|---------|---------|--------|--------|--------|-----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 25ГС | | Поковки — ГОСТ 8479–70. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ | |
| 0,22–0,26 | 0,60–0,90 | 1,00–1,30 | ≤ 0,035 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ГОСТ 5781–82 | 740 | 865 | — | — | 355 | |
| 0,20–0,26 | 0,60–0,90 | 1,00–1,30 | ≤ 0,045 | ≤ 0,040 | ≤ 0,40 | ≤ 0,40 | ≤ 0,30 | ТУ 2400 4823–90 | ¹ Температура нагрева 925°С. | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
|-----------------|----------------------|---------|--------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Нормализация | 900–930 | Воздух | До 100 | 275 | 530 | 20 | 40 | 44 | — | 156–197 | | | | | |
| | Отпуск | 580–610 | Воздух или с печью | 100–300 | 275 | 530 | 17 | 38 | 34 | — | 156–197 | | | | | |
| | | | | 300–500 | 245 | 470 | 17 | 35 | 34 | — | 143–179 | | | | | |
| | | | | 500–800 | 245 | 470 | 15 | 30 | 34 | — | 143–179 | | | | | |
| ТУ 2400 4823–90 | Нормализация | 900–930 | Воздух | До 500 | 280 | 480 | 17 | 35 | 50 | — | 143–179 | | | | | |
| | Отпуск | 500–610 | Воздух | 501–800 | 280 | 480 | 15 | 30 | 50 | — | 143–179 | | | | | |

Назначение. Крупные детали, изготавливаемые с применением ЭШС, цилиндры гидропрессов, валы гидротурбин и др.

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–800 | Обечайки днища цилиндров до 1500 | Нормализация, одно переохлаждение, отпуск | До 350 | На воздухе |
| Заготовка | 1200–800 | Поковки общего назначения до 700 | Отжиг низкотемпературный | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | В нормализованном и отпущенном состоянии при 143–179 НВ и $\sigma_b = 470$ Н/мм ² $K_v = 1,15$ (твердый сплав), $K_v = 1,0$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Мало склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|---|--|-------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|-----------------|-------------------------|----|-----------------|
| 06ГФБА-А | | Прокат рулонный — ТУ 14-101-458-2001. Трубы стальные прямошовные — ТУ 14-3Р-28-99. Трубы стальные электросварные спиральношовные — ТУ 14-3Р-52-2001. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-101-458-2001 | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| 0,04-0,08 | 0,15-0,35 | 1,35-1,60 | ≤0,005 | ≤0,005 | ≤0,10 | ≤0,10 | 710-730 | 870-890 | 640-670 | 740-780 | | |
| Mo | N | Cu | V | Nb | Ti | Al | | | | | | |
| — | ≤0,007 | ≤0,05 | 0,05-0,08 | 0,04-0,06 | ≤0,025 | 0,02-0,04 | | | | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{исп} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | Класс прочности |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14-3Р-28-99 | Контролируемая прокатка с ускоренным охлаждением | | | 7-25 | 20 | 370 | 510-610 | 20 | — | — | — | — |
| | | | | | -60 | — | — | — | — | 118 | — | — |
| | | | | | 20 | 390 | 530-630 | 20 | — | — | — | — |
| | | | | | -60 | — | — | — | — | 118 | — | — |
| | | | | | 20 | 410 | 550-650 | 20 | — | — | — | — |
| | | | | | -60 | — | — | — | — | 118 | — | — |
| ТУ 14-3Р-52-2001 | Контролируемая прокатка или термическая обработка | | | Образцы | 20 | 370 | 510 | 20 | — | — | — | K52 |
| | | | | | -60 | — | — | — | — | 118 | — | — |
| | | | | | 20 | 390 | 530 | 20 | — | — | — | K54 |
| | | | | | -60 | — | — | — | — | 118 | — | — |
| | | | | | 20 | 410 | 550 | 20 | — | — | — | K56 |
| | | | | | -60 | — | — | — | — | 118 | — | — |
| Назначение. Газонепроводные, промышленные трубы и трубы для тепловых сетей. Электросварные трубы большого диаметра (от 530 до 1420 мм) и листовые конструкции, работающие до минус 70°С. | | | | | | | | | | | | |
| Теплостойкость, °С | Коэффициент интенсивности напряжений, K _{IC} , Н/мм ^{3/2} | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка | | | | |
| | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | | | | | |
| 400 | 13240-14170 | — | — | 98 | — | 59 | — | Ускоренное охлаждение в воде после контролируемой прокатки | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °С | Длительность, ч | | Коэффициенты длины и толщины трещины, % | | | | |
| Общая | | — | | | — | — | | CLR = 0, CTR = 0 | | | | |
| Точечная | | — | | | — | — | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание под напряжением | | 5% NaCl + 0,5% CH ₃ COOH | | | 20 | 720 | | Критическое раскрытие трещины, мм | | | | |
| Сероводородное растрескивание | | 5% NaCl + 0,5% CH ₃ COOH | | | 20 | 96 | | | | | | |
| Водородное растрескивание | | Определение НИС по методике NACE TM 02-84 | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | — | | | | | | | 0,71-0,77 | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Прокатка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал прокатки, °С | из слябов | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Сляб | 1260-1150 | — | | — | | 7-25 | | Вода | | | | |
| Заготовка | 1100-800 | — | | — | | 7-25 | | Вода | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД; РАД под флюсом и газовой защитой | | При σ _в = 600 Н/мм ² K _v = 1,55 (твердый сплав), K _v = 1,0 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|----------------------------------|---------|---------|--------|--------|--------|-----------|---|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
| 18ГФпс | | Лист — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | V | W | Ti | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,14–0,22 | ≤ 0,10 | 0,80–1,20 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | 0,05–0,10 | — | — | 720 | 850 | — | — | 430 |
| ¹ Температура нагрева 930°С. | | | | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ ₋₄₀ , Дж/см ² | Изгиб | НВ |
|----|---------------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|---|-------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ДЦ | В горячекатаном состоянии | | | 4–10 | 320 | 460 | 21 | — | 39 | d=2a | |
| | | | | 11–20 | 310 | 450 | 21 | — | 29 | | |
| | Закалка | — | — | 10–32 | 400 | 540 | 18 | — | 29 | d=2a | |
| | Отпуск | | | | | | | | 29 ² | | |

² КСУ при минус 70°С.³ КСУ после механического старения.

Назначение. Листовой прокат толщиной до 30 мм – для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках при температуре от – 40°С до + 450°С, в улучшенном состоянии – от – 60°С до + 450°С (не под давлением), толщиной свыше 30 мм – для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках при температуре от – 20°С до + 450°С (не под давлением).

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | |
|--|-------------|----------------|---|--------|--------|-------|-------|----------------|---------------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | | – 50 |
| — | — | — | 77–198 | 56–132 | 49–116 | 41–75 | 41–45 | — | Лист толщиной 12 мм |
| | | | 84–178 | 69–115 | 46–117 | 36–71 | 35–90 | 28–39 | Лист толщиной 20 мм |
| | | | 86–167 | 59–118 | 35–86 | 21–69 | 27–65 | 7–33 | Лист толщиной 30 мм |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1260–900 | — | — | — | — |
| Заготовка | 1260–900 | — | — | — | — |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Для толщин свыше 36 мм рекомендуется подогрев и обязательна последующая термообработка. | В горячекатаном состоянии при 128–174 НВ и $\sigma_b = 460$ Н/мм ² K _v = 1,2 (твердый сплав), K _v = 1,1 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|-------------------|----------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|-----------------|-------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| 09Г2 | | Сортовой и фасонный прокат, полоса, гнутые профили — ГОСТ 19281–89. Лист — ГОСТ 19281–89, ТУ 14–1–5241–93. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19281–89 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | N | As | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,12 | 0,17–0,37 | 1,40–1,80 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,012 | ≤ 0,08 | ≤ 0,30 | 720 | 830 | 620 | 710 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 19281–89 | Листовой и широкополосный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | До 5 | 305 | 440 | 21 | — | — | 29 | d=2a | | |
| | | | | От 5 до 10 | 305 | 440 | 21 | — | 34 ¹ | 29 | | | |
| | | | | Свыше 10 до 20 | 305 | 440 | 21 | — | 29 ¹ | 29 | | | |
| | | | | От 20 до 32 | 295 | 430 | 21 | — | 59 | 29 | | | |
| | Гнутые профили в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | До 20 | 305 | 440 | 21 | — | — | — | d=2a | | |
| | | | | От 20 до 32 | 295 | 430 | 21 | — | — | — | d=2a | | |
| Сортовой, фасонный и широкополосный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | До 10 | 305 | 440 | 21 | — | 98 | 29 | d=2a | | | |
| | | | От 10 до 20 | 305 | 440 | 21 | — | 39 ¹ | 29 | d=2a | | | |
| | | | | | | | | 29 ² | 29 | d=2a | | | |
| Свыше 20 до 32 | 295 | 430 | 21 | — | 29 ¹ | 29 | d=2a | | | | | | |

¹ КСУ при минус 40°С.
² КСУ при минус 70°С.

| Назначение. Стойки ферм, верхние обвязки вагонов, хребтовые и двутавровые балки, другие детали вагоностроения, рамы шахтных вагонеток, рамы кранов перегружателей, детали экскаваторов, детали коксовых машин, элементы сварных металлоконструкций и другие детали, работающие при температуре от – 40°С до + 450°С не под давлением. | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|-------------|------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Сечение, мм | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | |
| 235 | 137 | 4–32 | В состоянии поставки | 71–289 | 71–274 | 57–265 | 40–263 | 39–259 | 87–160 | Горячекатаное состояние. |
| 274 | 167 | 10–20 | В улучшенном состоянии | Образцы поперечные, лист толщиной 20 мм | | | | | | |

| Технологические характеристики | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | | — | — | — | — |
| Заготовка | 1250–850 | — | — | — | — |

| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокеночувствительность | |
|---|--|--|--|----------------------------------|--|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. | | В нормализованном и отпущенном состоянии при σ _n = 520 Н/мм ² K _v = 1,6 (твердый сплав), K _v = 1,0 (быстрорежущая сталь) | | Не чувствительна | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| | | Не склонна | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|-------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|-------|---------|-------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| 10Г2 | | Трубы — ГОСТ 550–75, ГОСТ 8731–74, ГОСТ 8733–74. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. Поковки — ГОСТ 8479–70. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,07–0,15 | 0,17–0,37 | 1,20–1,60 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 720 | 830 | 620 | 710 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 550–75 | В горячедеформированном или термически обработанном состоянии | | | ø 20–219 s 2,0–25 | 265 | 421 | 21 | 50 | 118 | — | ≤ 197 | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг или высокий отпуск | | | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | | — | ≤ 197 | |
| | Нормализация | 920 | Воздух | До 80 | 245 | 420 | 22 | 50 | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 245 | 420 | 20 | 45 | — | — | | | |
| Свыше 150 до 250 | 245 | 420 | 19 | 40 | — | — | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Нормализация | ПС | До 100 | 215 | 430 | 24 | 53 | 54 | — | 123–167 | | | |
| | | | 100–300 | 215 | 430 | 20 | 48 | 49 | — | 123–167 | | | |
| | | | 300–500 | 215 | 430 | 18 | 40 | 44 | — | 123–167 | | | |
| Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы. | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 8731–74 | Горячедеформированные трубы в термически обработанном состоянии | | | ø 20–530 s 2,5–36 | 265 | 421 | 21 | — | — | — | ≤ 197 | | |
| Нормы ударной вязкости и относительного сужения устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем. | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 8733–74 | Холодно- и теплodeформированные трубы в термически обработанном состоянии | | | ø 5–250 s 0,3–24 | 245 | 422 | 22 | — | — | — | ≤ 197 | | |
| Нормы ударной вязкости и относительного сужения устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Патрубки, штуцеры, змеевики, трубные пучки, крепежные детали и другие, работающие при температуре до минус 70°С под давлением. Трубы для трубопроводов. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Состояние стали | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [9] | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 70 | | | – 80 | | |
| 221 | — | При σ _в = 530 Н/мм ² | | 86–98 | — | — | 70–88 | 41–50 | — | Лист толщиной 10 мм в состоянии поставки | | | |
| | | | | 280 | — | — | 153 | 117 | — | Отжиг | | | |
| 289 | — | При σ _в = 590 Н/мм ² | | 364 | — | — | 276 | 185 | — | Нормализация 900°С | | | |
| | | | | 321 | — | — | 304 | 211 | — | Закалка 900°С Отпуск 500°С | | | |

| 10Г2 | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|--------------------|------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|------------|
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4, 9] | Нормализация | 900 | Воздух | Образцы | 20 | 265 | 460 | 31 | — | — | — |
| | | | | | 400 | 225 | 390 | 27 | — | — | — |
| | | | | | 500 | 175 | 295 | — | — | — | — |
| | | | | | 600 | 115 | 160 | 36 | — | — | — |
| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{отп.} , °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4, 9] | Закалка | ПС | Вода | Образцы | 200 | 780 | 930 | 13 | 40 | — | 350 |
| | | | | | 300 | 680 | 850 | 14 | 50 | — | 330 |
| | | | | | 400 | 590 | 760 | 18 | 59 | — | 240 |
| | | | | | 500 | 580 | 680 | 21 | 65 | — | 200 |
| | | | | | 600 | 570 | 660 | 23 | 65 | — | 170 |
| Пределы ползучести | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | | | |
| | | 1/10 ⁴ | | | | | 1/10 ⁵ | | | | |
| [4, 9] | 425 | 137 | | | | | — | | | | |
| | 485 | 69 | | | | | — | | | | |
| | 550 | — | | | | | 26 | | | | |
| Технологические характеристики [1, 9] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1200–750 | До 100 | На воздухе | До 100 | На воздухе | До 100 | На воздухе | До 100 | На воздухе | До 100 | На воздухе |
| Заготовка | 1250–780 | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | | В термически обработанном состоянии при ≤ 197 НВ и $\sigma_b = 420$ Н/мм ² $K_v = 1,92$ (твердый сплав), $K_v = 1,86$ (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|--------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|---|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 14Г2 | | Лист толстый — ГОСТ 19281–89. Лист тонкий — ГОСТ 17066–94. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19281–89 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,12–0,18 | 0,17–0,37 | 1,20–1,60 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 709 | 825 | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 17066–94 | Лист горячекатаный | | | 2–3,9 | 315 | 460 | 20 ¹ | — | — | d=2a | — | | |
| | Лист холоднокатаный | | | 0,5–3,9 | 315 | 430 | 20 ¹ | — | — | d=2a | — | | |
| ГОСТ 19281–89 | Сортовой и фасонный прокат | | | До 32 | 325 | 450 | 21 | — | 59 | d=2a | — | | |
| | Лист и полоса в состоянии поставки (образцы поперечные) | | | До 32 | 325 | 450 | 21 | — | 59 | d=2a | — | | |
| | Лист после закалки и отпуска (образцы поперечные) | | | До 32 | 390 | 510 | 19 | — | — | d=2a | — | | |
| ¹ δ ₄ . | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Для крупных листовых конструкций, работающих до температуры минус 70°С. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | Сечение, мм | Состояние поставки | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | – 40 | – 70 | | | | | | | |
| 295 | — | При σ _{0,2} = 340 Н/мм ² – образцы гладкие | | | 34 | 34 | От 5 до 10 | Сортовой прокат | | | | | |
| | | | | | 29 | 29 | От 10 до 20 | | | | | | |
| | | | | | 29 | — | Свыше 20 до 32 | | | | | | |
| 125 | — | При σ _{0,2} = 340 Н/мм ² – образцы с надрезом | | | 39 | 29 | От 5 до 10 | Лист и полоса | | | | | |
| | | | | | 34 | 29 | От 10 до 20 | | | | | | |
| | | | | | 29 | 24 | От 20 до 32 | | | | | | |
| | | | | | 39 | 29 | От 10 до 32 | Лист после закалки и отпуска (образцы поперечные) | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1200–900 | До 100 | | На воздухе | | До 100 | | На воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1200–900 | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | | В термически обработанном состоянии при ≤ 197 НВ K _v = 1,6 (твердый сплав), K _v = 1,2 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-----|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 35Г2 | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71, ТУ 14-1-4518-88. Поковки — ГОСТ 8479-70. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,31-0,39 | 0,17-0,37 | 1,40-1,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | — | — | ≤ 0,30 | 718 | 804 | 677 | 727 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 4543-71 | Отжиг | 840 | С печью | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 207 | | | | |
| | Закалка | 855-885 | Воздух | До 80 | 365 | 620 | 13 | 40 | — | — | — | | | | |
| | Отпуск | 600-700 | Воздух | Свыше 80 до 150 Свыше 150 до 250 | 365 | 620 | 11 10 | 35 30 | — | — | — | | | | |
| ГОСТ 8479-70 | Нормализация | 860 | Воздух | 100-300 | 275 | 530 | 17 | 38 | 34 | — | 156-197 | | | | |
| ДЦ | Нормализация | 840-870 | Воздух | 100-300 | 295 | 580 | 18 | 43 | 29 | — | 183-241 | | | | |
| | Отпуск | 600-650 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Валы-шестерни, коленчатые и карданные валы, полуоси, шатуны шестерни, болты и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | | - 80 | | | | | | |
| 358 | — | Закалка 880°С в масле, отпуск при 600°С; σ _в = 850 Н/мм ² . | — | — | 49-69 | 39-59 | 24-59 | — | Закалка 880°С, масло. Отпуск 540°С. | | | | | | |
| 372 | — | | Закалка 880°С, масло, отпуск 650°С; σ _в = 710 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1200-800 | — | | — | | | — | | — | | | | | | |
| Заготовка | 1200-800 | — | | — | | | — | | — | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | После нормализации при ≥ 229 HB и σ _в = 580 Н/мм ² K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 0,8 (быстрорежущая сталь) | | | | | Чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|---|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--|-----------------|-----------------|
| 40Г2 | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. ТУ 14–1–4518–88. Фасонный прокат — ТУ 14–1–1271–75. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,36–0,44 | 0,17–0,37 | 1,40–1,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 713 | 780 | 627 | 710 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 4543–71 | В отожженном состоянии | | | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 217 | | |
| | Закалка | 845–875 | Масло | До 80 | 380 | 660 | 12 | 40 | — | — | — | | |
| | Отпуск | 600–700 | Воздух | Свыше 80 до 150 | 380 | 660 | 10 | 35 | — | — | — | | |
| | | | | Свыше 150 до 250 | 380 | 660 | 9 | 30 | — | — | — | | |
| ДЦ | Нормализация | 870–925 | Воздух | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 800–830 | Масло | 38 | 930 | 1100 | 10 | 40 | — | — | 331 | | |
| | Отпуск | 425 | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Оси, коленчатые и карданные валы, поршневые штоки, рычаги, полуоси. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Механические свойства в зависимости от сечения | | | | | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | Сечение, мм | Место вырезки образца | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HB | Термообработка | | |
| 196 | — | Закалка с 850°С в масле, отпуск при 620°С; σ _b = 720 Н/мм ² . | 50 | Центр | 590 | 770 | 18 | 57 | 68 | 220 | Закалка 820°С, вода; отпуск 600°С, вода. | | |
| | | | 75 | Центр | 540 | 730 | 18 | 54 | 59 | 210 | | | |
| | | | | Край | — | 820 | 16 | 60 | 68 | 242 | | | |
| | | | 100 | Центр | 490 | 720 | 18 | 56 | 29 | 210 | | | |
| Край | 660 | 800 | | 16 | 60 | 41 | 241 | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1180–800 | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | Свыше 60 | | | | Замедленное | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | В состоянии закалки и отпуска при ≤ 241 HB и σ _b = 660 Н/мм ² K _r = 1,0 (твердый сплав), K _r = 0,75 (быстрорежущая сталь) | | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|------------|--------------------|---|-------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 45Г2 | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,41–0,49 | 0,17–0,37 | 1,40–1,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | — | — | ≤ 0,30 | 711 | 765 | 626 | 704 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 4543-71 | Отжиг | 840 | С печью | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 229 | | | | |
| | Нормализация | 835–865 | Воздух | До 80 | 400 | 690 | 11 | 40 | — | — | — | | | | |
| | Отпуск | 600–700 | Воздух | Свыше 80 до 150 | 400 | 690 | 9 | 35 | — | — | — | | | | |
| ДЦ | Закалка | 830–850 | Масло | До 60 | 700 | 850 | 13 | 45 | 45 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 200–250 | Воздух | | | | | | | | | Не определяются | | | |
| | Закалка | 830–850 | Масло | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и отпуск при 180–200°С | Не определяются | | | | | 48–52 | 269–321 | | | | |
| | Отпуск | 550–600 | Масло | | Не определяются | | | | | 48–52 | 269–321 | | | | |
| Назначение. Валы-шестерни, коленчатые и карданные валы, полуоси, червяки, крышки шатунов, шатуны, звенья конвейерных цепей и другие крупногабаритные средненагруженные детали. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь чувствительна к перегреву, но обладает повышенной износостойкостью. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | | | | | | | |
| 610 | — | Закалка с 810°С в масле, отпуск при 450°С, σ _b = 1220 Н/мм ² . | — | — | 60 | — | — | — | После нормализации. | | | | | | |
| 310–400 | — | Нормализация с 850°С. | 186 | — | 176 | 157 | — | — | Слиток. Закалка с отпуском. 228–235 HB. Образец продольный. Образец поперечный. | | | | | | |
| 24 | — | | 24 | — | 29 | 24 | — | — | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | Все размеры | Отжиг с перекристаллизацией, одно переохлаждение, отпуск | | До 100 | | На воздухе | | | | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | 101–300 | | В мульде | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | После нормализации при ≤ 229 HB и σ _b = 700 Н/мм ² K _v = 0,80 (твердый сплав), K _v = 0,55 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Мало чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|-------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|------|----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 50Г2 | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71, ТУ 14-1-4518-88. Фасонный прокат — ТУ 14-1-1271-75. Поковки — ГОСТ 8479-70. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,46–0,55 | 0,17–0,37 | 1,40–1,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 723 | 760 | 680 | 740 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 4543-71 | В отожженном состоянии | | | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | | — | ≤ 229 | |
| | Закалка | 840 | Масло | До 80 | 420 | 740 | 11 | 35 | — | — | — | | |
| | Отпуск | 650 | Воздух | Свыше 80 до 150 | 420 | 740 | 9 | 30 | — | — | | | |
| ГОСТ 8479-70 | Нормализация | 840–860 | Воздух | До 100 | 315 | 570 | 17 | 38 | 39 | — | 167–207 | | |
| | | | | До 100 | 345 | 590 | 18 | 45 | 59 | — | 174–217 | | |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | До 100 | 395 | 615 | 17 | 45 | 59 | — | 187–229 | | |
| | | | | 100–300 | — | — | 14 | 35 | 34 | — | — | | |
| | | | | 100–300 | — | — | 17 | 40 | 54 | — | — | | |
| Назначение. Диски трения, валы, шестерни, шлицевые валы, шатуны, распределительные валики, втулки подшипников, кривошипы, шпиндели, зубчатые колеса, ободы маховиков, колен-валы дизелей и газовых двигателей и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и износостойкости. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 50 | | | | | |
| 340 | — | Закалка с 840°С в масле, отпуск при 600°С; σ _B = 680 Н/мм ² . | | — | — | 64 | 48 | 40 | Закалка с 840°С, отпуск при 560–580°С; σ _B = 820 Н/мм ² . | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток Заготовка | 1220–830 1200–800 | | | | | До 100 | | На воздухе | | | | | |
| | | | | | | 101–200 | | В мульде | | | | | |
| | | | | | | 201–300 | | В закрытой мульде | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | | После нормализации при ≤ 241 НВ и σ _B = 700 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,55 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Склонна | | | | | |

09Г2С

Механические свойства

Листы изготовляют на станах листовой или порулонной прокатки с последующей порезкой на листы в соответствии с требованиями настоящего стандарта. Назначение и условия применения листов, предназначенных для объектов котлонадзора, регламентируются правилами, установленными органами Госгортехнадзора РФ.

В зависимости от нормируемых механических свойств листы изготовляют по категориям, указанным в таблице. Категория устанавливается потребителем. При отсутствии указаний категории устанавливается предприятием-изготовителем.

Листы из низколегированной стали категорий 2–6, 10–12, 16, 18, 19, 20 изготовляют без термической обработки или термически обработанные, в том числе с прокатного нагрева (ТО); категорий 7–9, 13–15, 17, 21, 22 — термически обработанные (после нормализации или закалки с отпуском) — ТО.

Для проката толщиной менее 8 мм допускается снижение δ на 1 абс. % на 1 мм уменьшения толщины, для проката толщиной более 20 мм — снижение δ на 0,25 абс. % на 1 мм увеличения толщины, но не более чем на 2 абс. %.

Листы дополнительно испытывают на ударный изгиб на поперечных образцах с концентратором напряжения вида V. Ударную вязкость KCV стали определяют при температурах 20 и 0°C. По требованию потребителя ударную вязкость KCV стали определяют при температуре минус 20°C или минус 40°C.

ГОСТ 5520–79 по п. 5.18 — 16 и 18 категории с обязательным выполнением УЗК в соответствии с ГОСТ 22727–88 (Примечание 8 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | KCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|---|-------|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | не менее | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19281–89 | Листовой и широкополосный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | До 10 | 20 | 345 | 490 | 21 | — | 64 | — | 29 | d=2a | | | | | | | | | | | | |
| | | | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | | | | | | | | | | | | |
| | | | –70 | — | — | — | — | 34 | — | — | — | | | | | | | | | | | | |
| | | | 20 | 325 | 470 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | | | | | | | | | | | |
| | | | –40 | — | — | — | — | 34 | — | — | — | | | | | | | | | | | | |
| | | | –70 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | | | | | | | | |
| | | Свыше 10 до 20 | 20 | 295 | 430 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | | | | | | | | | | | |
| | | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | | | | | | | | |
| | | | –70 | — | — | — | — | 24 | — | — | — | | | | | | | | | | | | |
| | | | Свыше 20 до 32 | 20 | 265 | 430 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | | | | | | | | | | |
| | | | | –40 | — | — | — | — | 34 | — | — | — | | | | | | | | | | | |
| | | | | –70 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | | | | | | | |
| Сортовой и фасонный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | До 10 | 20 | 345 | 480 | 21 | — | 64 | — | 29 | d=2a | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0 | — | — | — | — | — | 40 | — | — | | | | | | | | | | | | | |
| | | –20 | — | — | — | — | — | 40 | — | — | | | | | | | | | | | | | |
| | | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | | | | | | | | | | | | | |
| | Свыше 10 до 20 | 20 | 325 | 450 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0 | — | — | — | — | — | 34 | — | — | | | | | | | | | | | | | |
| | | –20 | — | — | — | — | — | 34 | — | — | | | | | | | | | | | | | |
| | | –40 | — | — | — | — | 34 | — | — | — | | | | | | | | | | | | | |
| | Свыше 20 до 32 | 20 | 295 | 430 | 21 | — | — | — | 29 | d=2a | | | | | | | | | | | | | |
| | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | | | | | | | | | |
| | От 32 до 100 | 20 | 265 | 430 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | | | | | | | | | | | | |
| | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | | | | | | | | | |
| Гнутые профили в горячекатаном или термически обработанном состоянии | До 10 | 20 | 345 | 490 | 21 | — | — | — | d=2a | | | | | | | | | | | | | | |
| | От 10 до 20 | 20 | 325 | 470 | 21 | — | — | — | d=2a | | | | | | | | | | | | | | |
| | Свыше 20 до 32 | 20 | 295 | 430 | 21 | — | — | — | d=2a | | | | | | | | | | | | | | |
| | От 32 до 160 | 20 | 265 | 430 | 21 | — | — | — | d=2a | | | | | | | | | | | | | | |

| 09Г2С | | | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|------------------|--|--------------|-------------------|-----------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------------------|---|-------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | КCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| не менее | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19281-89 | Прокат полосовой в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | До 10 | 20 | 345 | 490 | 21 | — | 64 | — | 29 | d=2a |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | 40 | — | — |
| | | | | | -20 | — | — | — | — | — | 40 | — | |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 39 | — | — | |
| | | | | | -70 | — | — | — | — | 34 | — | — | |
| | | | | Свыше 10 до 20 | 20 | 325 | 450 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | 34 | — | — |
| | | | | | -20 | — | — | — | — | — | 34 | — | |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 34 | — | — | |
| | | | | -70 | — | — | — | — | 29 | — | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | 20 | 295 | 430 | 21 | — | — | — | 29 | d=2a |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — |
| Свыше 32 до 100 | 20 | 265 | 430 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | | | |
| | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | |
| ТУ 14-1-5035-91 | В горячекатаном состоянии | | | До 10 | 20 | 345 | 480 | δ_p 12 | ψ_p 55 | $T_k \leq 10^\circ\text{C}$ | 60 | 29 | d=2a |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | 40 | — | — |
| | | | | | -20 | — | — | — | — | — | 40 | — | |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 39 | — | — | |
| | | | | | -70 | — | — | — | — | 29 | — | — | |
| | | | | Свыше 10 до 20 | 20 | 325 | 450 | δ_p 12 | ψ_p 55 | $T_k \leq 10^\circ\text{C}$ | 60 | 29 | d=2a |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | 34 | — | — |
| | | | | | -20 | — | — | — | — | — | 34 | — | |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — | |
| | | | | -70 | — | — | — | — | 29 | — | — | | |
| | | | | Свыше 20 до 32 | 20 | 295 | 430 | δ_p 12 | ψ_p 55 | $T_k \leq 10^\circ\text{C}$ | 60 | 29 | d=2a |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | НВ | Изгиб |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| | не менее | | | | | | | | | | | | |
| | ТУ 14-3-1128-82 | Нормализация | | ПС | ø 57-325 s 4-10 | 20 | 265 | 470 | 22 | — | — | 34 | — |
| -70 | | | | | | — | — | — | — | 34 | — | — | |
| s более 10 | | | | | 20 | — | — | — | — | — | 29 | — | — |
| | | | | | -70 | — | — | — | — | 29 | — | — | — |
| ТУ 302.02.009-89 | Термообработка с прокатного нагрева | | | 10-40 | 20 | 340 | 510 | 21 | — | 60 | — | — | d=2a |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 35 | — | — | — |
| | | | | | -70 | — | — | — | — | 30 | — | — | — |

Требования к механическим свойствам и ударной вязкости (за исключением KCV) листового проката установлены для поперечных образцов.

| 09Г2С | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|-------------------|---|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------------|-------------------------|---|-----|---------|
| <p>Назначение. Детали аппаратов и сосудов, работающие при температуре от минус 70°C до плюс 475°C под давлением. В трубопроводах пара и горячей воды — детали, изготовленные из листа, — до температуры 450°C, трубы — до температуры 425°C, в котлах — листовые детали, работающие при температуре до 450°C, во всех случаях без ограничения давления. Крепежные детали в котлах и трубопроводах используются до температуры 425°C и при давлении до 10 Н/мм².</p> <p>Статоры, спиральные камеры, крышки турбин, лопатки направляющего аппарата и т.п. узлы и детали гидротурбин.</p> <p>Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 450°C (ПНАЭГ-7-008-89).</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Термообработка | НД | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | | Термообработка | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | - 70 | | | |
| 235 | — | Нормализация 930–950°C, $\sigma_b = 475$ Н/мм ² | [8] | 59 | — | — | — | 34 | — | 29 | Лист. Толщина 10–20 мм | | |
| | | | [20] | 300 | — | 98 | 57 | 53 | 51 | 16 | Лист. $\delta=18$ мм. Состояние поставки | | |
| | | | | 180 | — | 124 | 120 | 77 | 90 | 75 | Лист. $\delta=18$ мм. Нормализация, 920°C | | |
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [4, 8] | ПС | | | | 20 | 300 | 460 | 31 | 63 | — | — | — | — |
| | | | | | 300 | 220 | 420 | 25 | 56 | — | — | — | — |
| | | | | | 475 | 180 | 360 | 34 | 67 | — | — | — | — |
| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [8, 20] | Листы в состоянии поставки (образцы поперечные) | | | Толщина 34 | 20 | 295 | 405 | 30 | 66 | — | — | — | 112–117 |
| | | | | | 100 | 270 | 415 | 29 | 68 | — | — | | |
| | | | | | 200 | 265 | 430 | 23 | 60 | — | — | | |
| | | | | | 300 | 220 | 435 | 24 | 56 | — | — | | |
| | | | | | 400 | 205 | 410 | 27 | 63 | — | — | | |
| | | | | | 500 | 185 | 315 | — | 63 | — | — | | |
| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | | | | | |
| | | 1·10 ⁴ | | | | | 1·10 ⁵ | | | | | | |
| [20] | 400 | 151–170 | | | | | 117–133 | | | | | | |
| | 475 | 120–130 | | | | | 93–100 | | | | | | |
| | 500 | 90–96 | | | | | 64–70 | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 8] | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1250–850 | ПС | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1250–850 | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | В нормализованном и отпущенном состоянии при $\sigma_b = 450$ Н/мм ² $K_v = 1,6$ (твердый сплав), $K_v = 1,0$ (быстрорежущая сталь) | | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|-------------------|-------------|--------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|--------|-------------------------|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| 10Г2С1 | | Лист — ГОСТ 5520–79, ГОСТ 19281–89, ТУ 14–1–5241–93. Сортовой и фасонный прокат, гнутые профили, полоса — ГОСТ 19281–89. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | N | As | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| ≤ 0,12 | 0,80–1,10 | 1,30–1,65 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,008 | ≤ 0,08 | ≤ 0,30 | ГОСТ 5520–79 | 710 | 830 | — | — | 365 |
| ≤ 0,12 | 0,80–1,10 | 1,30–1,65 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,012 | ≤ 0,08 | ≤ 0,30 | ГОСТ 19281–89 | ¹ Температура нагрева 930°С. | | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | КСV, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| не менее | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520–79 | В горячекатаном состоянии | | | До 5 | 20 | 355 | 490 | 21 | — | — | — | — | — | | |
| | | | | | 20 | 345 | 490 | 21 | — | 64 | — | 29 | — | | |
| | В термически обработанном состоянии | | | От 5 до 10 | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | | |
| | | | | | –70 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| | | | | От 10 до 20 | 20 | 335 | 480 | 21 | — | 59 | — | 29 | — | | |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| | Свыше 20 до 32 | 20 | 325 | 470 | 21 | — | 59 | — | 29 | — | | | | | |
| | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | |
| | Свыше 32 до 60 | 20 | 325 | 450 | 21 | — | 59 | — | 29 | — | | | | | |
| | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | |
| | Свыше 60 до 80 | 20 | 295 | 430 | 21 | — | 59 | — | 29 | — | | | | | |
| | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | |
| | Свыше 80 до 100 | 20 | 295 | 430 | 21 | — | 59 | — | 29 | — | | | | | |
| | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | |
| | От 4 до 160 | 20 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | d=2a | | |
| | | –70 | — | — | — | — | 24 | — | — | — | | | | | |
| ГОСТ 19281–89 | Листовой и широкополосный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | До 5 | 20 | 355 | 490 | 21 | — | — | — | 29 | — | | |
| | | | | | 20 | 345 | 490 | 21 | — | 64 | — | 29 | d=2a | | |
| | Гнутые профили в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | От 5 до 10 | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | | |
| | | | | | –70 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| | | | | От 10 до 20 | 20 | 325 | 450 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 34 | — | — | — | | |
| | От 20 до 60 | 20 | 315 | 450 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | | | | |
| | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | |
| | Свыше 60 до 100 | 20 | 295 | 430 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | | | | |
| | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | |
| | Свыше 100 | 20 | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| | | –70 | — | — | — | — | 24 | — | — | — | | | | | |

| 10Г2С1 | | Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--|-----------------------|-------------------|----------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|---|-------|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| не менее | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19281–89 | Сортовой и фасонный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | До 10 | 20 | 345 | 480 | 21 | — | 64 | — | 29 | d=2a | |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | 40 | — | — | |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | — | 40 | — | — | |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | |
| | | | | | –70 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | |
| | | | | Свыше 10 до 20 | 20 | 325 | 450 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | — | 34 | — | — |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | — | — | 34 | — | — |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | |
| | | | | | –70 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | |
| | Свыше 20 до 60 | 20 | 325 | 450 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | | | |
| | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | |
| | Свыше 60 до 100 | 20 | 295 | 430 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | | | |
| | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | |
| | Полосовой прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | До 5 | 20 | 355 | 490 | 21 | — | — | — | — | d=2a | |
| | | | | | 20 | 345 | 490 | 21 | — | 64 | — | 29 | d=2a | |
| | | | | До 10 | 0 | — | — | — | — | — | — | 40 | — | — |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | — | — | 40 | — | — |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | |
| | | | | | –70 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | |
| 20 | | | | | 325 | 450 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | |
| От 10 до 20 | | | | 0 | — | — | — | — | — | — | 34 | — | — | |
| | | | | –20 | — | — | — | — | — | — | 34 | — | — | |
| | | | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| | –70 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | |
| От 20 до 60 | 20 | 315 | 450 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | | | | |
| | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | |
| От 60 до 100 | 20 | 295 | 430 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | | | | |
| | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | |

Листы толщиной более 20 мм категорий 4–15 изготовляют в нормализованном или улучшенном состоянии. Однако, если механические свойства соответствуют данным этой таблицы, допускается не подвергать их термической обработке.

Требования к механическим свойствам и ударной вязкости (за исключением КСУ) листового проката установлены для поперечных образцов.

Назначение. Детали из листа, работающие под давлением в котлах и трубопроводах пара и горячей воды до температуры 450°С, в сосудах — при температурах от минус 70°С до плюс 475°С, а также детали элементов сварных конструкций, работающие при температуре до минус 70°С.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Состояние стали | НД | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | | | Термообработка | |
|--|-------------|--|------|---|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | +20 | –20 | –30 | –40 | –50 | –60 | –70 | –75 | | –80 |
| 230 | — | При $\sigma_b = 580$ Н/мм ² | [1] | 60 | 29–39 | — | 30 | — | — | 25 | — | — | — |
| | | | [20] | 148 | 110 | 100 | 80 | 70 | — | 10 | — | 14 | Лист. $\delta=32$ мм. Поперечные образцы. Состояние поставки |
| | | | | 143 | 110 | — | 78 | 80 | 70 | — | 47 | — | Лист. $\delta=16$ мм. Нормализация, 900°С |

| 10Г2С1 | | Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------|--|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------|------------|-------------------------|-------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | δ_{10} , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | Лист горячекатаный | | | 4-7 | 20 | 380 | 520 | 22 | 18 | — | — | d=2a |
| | Состояние поставки | | | | 20 | 350 | 500 | 22 | 18 | — | 60 | d=2a |
| | | | | 8-32 | -40 | — | — | — | — | — | 30 | — |
| | Нормализация | или | | | -70 | — | — | — | — | — | 25 | — |
| | Нормализация | ПС | | 34-60 | 20 | 340 | 480 | 22 | 18 | — | 60 | d=2a |
| | Отпуск | | | | -40 | — | — | — | — | — | 30 | — |
| | Состояние поставки | | | 60-160 | -70 | — | — | — | — | — | 25 | — |
| | Нормализация | или | | | 20 | 320 | 460 | 22 | 18 | — | 60 | d=2a |
| | Нормализация | ПС | | -40 | — | — | — | — | — | — | 30 | — |
| | Отпуск | | | -70 | — | — | — | — | — | — | 25 | — |
| | Состояние поставки | | | ≥ 60 | 320 | (По требованию) | | | | | | — |
| | Лист. Сорт | | | 4-10 | 20 | 380 | 520 | 21 | 18 | — | — | d=2a |
| | Состояние поставки | | | | -40 | — | — | — | — | — | 40 | — |
| | Нормализация | или | | 11-20 | -70 | — | — | — | — | — | 30 | — |
| | Нормализация | ПС | | | 20 | 360 | 510 | 21 | 18 | — | 60 | d=2a |
| | Отпуск | | | -40 | — | — | — | — | — | — | 30 | — |
| | Состояние поставки | | | 21-32 | -70 | — | — | — | — | — | 25 | — |
| | Нормализация | или | | | 20 | 350 | 500 | 21 | 18 | — | 60 | d=2a |
| | Нормализация | ПС | | -40 | — | — | — | — | — | — | 30 | — |
| | Отпуск | | | -70 | — | — | — | — | — | — | 35 | — |
| Состояние поставки | | | 33-36 | 20 | 340 | 480 | 21 | 18 | — | 60 | d=2a | |
| Нормализация | или | | | -40 | — | — | — | — | — | — | 30 | — |
| Нормализация | ПС | | 60-160 | -70 | — | — | — | — | — | 25 | — | |
| Отпуск | | | | 20 | 320 | 460 | 21 | 18 | — | 60 | d=2a | |
| Состояние поставки | | | 10-40 | -40 | — | — | — | — | — | 30 | — | |
| Нормализация | или | | | -70 | — | — | — | — | — | — | 25 | — |
| Нормализация | ПС | | 10-40 | 20 | 320 | 460 | 21 | 18 | — | 60 | d=2a | |
| Отпуск | | | | -40 | — | — | — | — | — | — | 30 | — |
| Закалка | ПС | | 10-40 | -40 | 400 | 540 | 19 | — | — | 50 | — | |
| Отпуск | | | | -70 | — | — | — | — | — | — | 30 | — |
| Нормализация | или | | 10-40 | -40 | 400 | 540 | 19 | — | — | 50 | — | |
| Нормализация | ПС | | | -70 | — | — | — | — | — | — | 30 | — |
| Отпуск | | | | | | | | | | | | |

Допускается уменьшение удлинения: для толщин менее 8 мм на 1% на каждый миллиметр уменьшения толщины; для толщин более 20 мм — на 0,25% на каждый миллиметр увеличения толщины, но не более чем на 2%.

| 10Г2С1 | | Механические свойства при различных температурах (образцы поперечные) | | | | | | | | | | |
|--------|----------------------|---|-------------------|-------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|--------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | Угол загиба, град. |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация | 980 | ПС | Лист ¹ | 20 | 275 | 460 | 32 | 57 | 126 | 67 | 180 |
| | Отпуск | 620 | | 90 | 320 | 200 | 435 | — | — | — | — | — |
| | Нормализация | 900–930 | ПС | Лист | 20 | 325 | 540 | 32 | 57 | — | — | — |
| | Отпуск | 630–650 | | 70 | 320 | 235 | 515 | — | — | — | — | — |
| | Состояние поставки | | | Лист. 38 | 20 | 300 | 520 | 22 | — | 56 | — | 180 |

¹ Состав стали: 0,10% С; 1,4% Мп; 0,9% Si.

| Механические свойства при повышенных температурах (образцы поперечные) | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{исп.} , °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [20] | Лист прокатанный | | | Толщина | 20 | 335 | 485 | 35 | 75 | — | — |
| | | | | 32 | 100 | 305 | 457 | 33 | 74 | — | — |
| | | | | | 200 | 300 | 460 | 25 | 70 | — | — |
| | | | | | 300 | 250 | 490 | 28 | 69 | — | — |
| | | | | | 400 | 185 | 405 | 30 | 76 | — | — |
| | | | | | 500 | 175 | 335 | 31 | 83 | — | — |
| | Лист нормализованный | | | Толщина | 20 | 380 | 520 | 26 | 70 | — | — |
| | | | | 16 | 100 | 350 | 475 | 25 | 65 | — | — |
| | | | | | 200 | 335 | 470 | 19 | 57 | — | — |
| | | | | | 300 | 260 | 510 | 19 | 60 | — | — |

Пределы текучести $\sigma_{0,2}$, Н/мм², при t, °С [5]

| | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| + 250 | + 300 | + 350 | + 400 |
| 245 | 215 | 195 | 175 |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–850 | ПС | | — | |
| Заготовка | — | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | В нормализованном и отпущенном состоянии при $\sigma_b = 450$ Н/мм ² $K_v = 1,6$ (твердый сплав), $K_v = 1,0$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 18Г2С | | Сортовой прокат — ГОСТ 5781–82. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5781–82 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,14–0,23 | 0,60–0,90 | 1,20–1,60 | ≤ 0,045 | ≤ 0,040 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | 730 | 850 | — | — | 400 |
| ¹ Температура нагрева 900°С. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | НВ | Изгиб | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 5781–82 | В состоянии поставки | | | 40–80 | 295 | 490 | 19 | — | — | — | c=3d | |
| | | | | Свыше 20 | 295 | 490 | 19 | — | — | — | c=4d | |
| Назначение. Арматурная сталь класса А–II (А300) предназначена для армирования обычных и предварительно напряженных железобетонных конструкций. Серьги, звенья, пальцы, траверсы, детали сцепок вагонеток и другие детали, работающие от минус 40°С до плюс 450°С. | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Сечение, мм | Термообработка | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | |
| 300 | 180 | 6–9 | В горячекатаном состоянии | — | — | — | — | — | — | — | | |
| 250 | 150 | 40–90 | | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1250–800 | — | | На воздухе | | | — | | — | | | |
| Заготовка | — | — | | — | | | — | | — | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | | | В состоянии поставки при σ _в = 490 Н/мм ² K _v = 1,55 (твердый сплав), K _v = 1,2 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------|
| 25Г2С | | Сортовой прокат — НД заводов-изготовителей. Поковки — ГОСТ 8479-70. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5781-82 | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Cu | Ni | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,20-0,29 | 0,60-0,90 | 1,20-1,60 | 0,040-0,050 | 0,030-0,045 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | 735-750 | 870-875 | — | — | 355-400 |
| ¹ Температура нагрева 920°С. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5781-82 | Горячекатаная | | | φ 16-32 φ 6-40 | 785 | 980 | 7 | — | — | — | — | |
| | Горячекатаная | | | | 420 | 700 | 17 | — | — | — | 202 | |
| | Закалка | 1000 | Вода | — | 900 | 1025 | 8 | — | — | — | — | |
| | Отпуск | 425 | | | 640 | 730 | 18 | — | — | — | 363 | |
| [1] | Закалка | 880-900 | Вода | 15 | 850 | 1000 | 12 | 45 | 69 | — | — | |
| | Отпуск | 400-440 | Вода | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Испытание на изгиб | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | Угол, град. | Толщина оправки | |
| [17, 20] | Нормализация | 890-900 | Воздух | До 300 | 280 | 500 | 14 | 30 | 50 | 90 | с=3d ² | |
| | Отпуск | 550-600 | | | | | | | | | | |
| ² d — диаметр стержня. | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Сварные валы гидротурбин, сварные цилиндры, плиты гидравлических прессов. Детали сельскохозяйственного машиностроения, оси, кулаки, карданные и трансмиссионные валы, арматура гладкая и периодического профиля Ш третьего класса диаметром 6-40 мм для обычных и предварительно напряженных железобетонных конструкций. Звенья и валики разборных цепей для тяговых органов подземных скребковых конвейеров. | | | | | | | | | | | | |
| Детали изготавливаются методом горячей штамповки, без механической обработки, с последующей термообработкой. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства в зависимости от сечения | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| | Горячекатаный | | | 16 | 420-430 | 660-690 | 23-28 | — | — | — | | |
| | | | | 25 | 380-400 | 590-620 | 23-31 | — | — | — | | |
| | | | | 40 | 420-435 | 660-680 | 25-29 | — | — | — | | |
| | Холоднодеформированный | | | 16 | 580-660 | 640-730 | 15-18 | — | — | — | | |
| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{отп} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 900 | Вода | 14-16 | | 1220 | 1310 | 8 | — | — | — | |
| | Отпуск | | | | | 1100 | 1210 | 6 | — | — | — | |
| | | | | | | 960 | 1060 | 9 | — | — | — | |
| | | | | | | 830 | 910 | 14 | — | — | — | |
| | | | | | | 690 | 740 | 17 | — | — | — | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1200-850 | ПС | | | | | — | | | | | |
| Заготовка | — | — | | | | | — | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. Рекомендуется последующая термообработка | | | В состоянии поставки при и σ _в = 590 Н/мм ² K _v = 1,55 (твердый сплав), K _v = 1,2 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | Склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|-----------|---|---------|---------|--------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 26Г2С | | Сортовой прокат — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,22–0,30 | 0,60–0,90 | 1,30–1,60 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | 735–750 | 870–875 | — | — | 355–400 |
| ¹ Температура нагрева 920°С. | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Закалка | 880–900 | Вода | 15 | 850 | 1000 | 12 | 45 | 69 | — | — |
| | Отпуск | 400–440 | Вода | | | | | | | | |

Назначение. Звенья и валики разборных цепей для тяговых органов подземных скребковых конвейеров. Детали изготавливаются методом горячей штамповки, без механической обработки, с последующей термообработкой.

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–850 | ПС | | — | |
| Заготовка | — | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|------------------------------------|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. Рекомендуется последующая термообработка | Обработке резанием не подвергается | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|---------|
| 15Г2БМ | | Лист — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Mo | Nb | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,12–0,16 | 0,20–0,40 | 1,30–1,70 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,30–0,60 | 0,03–0,06 | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ДЦ | Горячекатаное состояние | | | До 50 | 510 | 740 | 14 | 39 | 40 | — | 241 |
| | Нормализованное состояние | | | | 510 | 760 | 15 | — | 45 | — | 229–248 |
| | Улучшенное состояние | | | | 860 | 910 | 12 | — | 45 | — | — |
| Назначение. Листовой прокат толщиной до 50 мм в горячекатаном состоянии для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках в температурном интервале – 40°С до + 500°С. В нормализованном и улучшенном состоянии для тех же элементов сварных конструкций, работающих в температурном интервале – 60°С до + 500°С (не под давлением). | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | +20 | 0 | –20 | –40 | –60 | –80 | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | — | — | — | | | — | — | | | | |
| Заготовка | — | — | — | | | — | — | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. | | В горячекатаном состоянии при 241 НВ и σ _B = 740 Н/мм ² K _v = 1,1 (твердый сплав) | | | | — | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | — | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---------------------------|--|--------------------------------------|---|--------------------|----------------------------------|-------------------------|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 18Г2АФпс | | Лист, полоса, гнутые профили — ГОСТ 19281–89. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19281–89 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | V | N | Cu | As | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,14–0,22 | ≤ 0,17 | 1,30–1,70 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | 0,08–0,15 | 0,015–0,030 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | 720 | 880 | 620 | 780 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 19281–89 | Листовой и широкополосный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | До 10 | 440 | 590 | 19 | — | 44 ¹ | 29 | d=2a | | | |
| | | | | 11–32 | | | | | 34 ² | | | | | |
| | Гнутые профили в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | До 32 | | | | — | — | | | — | | |
| ¹ КСУ при минус 40°С. ² КСУ при минус 70°С. Требования к механическим свойствам и ударной вязкости (за исключением КСВ) листового проката установлены для поперечных образцов. | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Листовой прокат для несущих элементов сварных конструкций, работающих в условиях переменных нагрузок при температуре до минус 60°С. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | |
| — | — | — | | | | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Коррозийная стойкость | | | | | | | | | | | | | | |
| Среда | | | Скорость коррозии, мм/год | | | | | | | | | | | |
| 42% - ый раствор NaOH | | | 0,012–0,017 | | | | | | | | | | | |
| 25% - ая аммиачная вода | | | 0,212–0,248 | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1200–850 | — | | — | | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | 1200–850 | — | | — | | | — | | — | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. | | | | В термически обработанном состоянии при σ _b = 590 Н/мм ² K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 0,74 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 23Г2А | | Сортовой прокат — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,20–0,28 | 0,17–0,37 | 1,40–1,70 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,30 | — | — | 720 | 840 | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 880–900 | Вода | 20 | 950 | 1050 | 12 | — | 79 | d=a | — | |
| | Отпуск | 350–450 | Вода | | | | | | | | | |
| <p>Назначение. Крупнозвенные сварные цепи и детали разборных цепей тяговых органов подземных скребковых конвейеров и комбайнов.</p> <p>Звенья и полузвенья круглозвенных цепей изготавливаются методом холодной гибки на цецепвязальных автоматах с последующей стыковкой контактной сваркой оплавлением, детали разборных цепей изготавливаются методом горячей штамповки.</p> | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | |
| 670 | 400 | Закалка с 900°С в воде, отпуск при 200–220°С | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| 610 | 370 | Закалка с 900°С в воде, отпуск при 400–450°С | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | — | — | | — | | — | | — | | | | |
| Заготовка | — | — | | — | | — | | — | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. Рекомендуется последующая термообработка. | | Обработке резанием не подвергается | | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | Склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|------------------|--------------------------------------|---|--------------------------|---------|----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 15X | | Поковки — ГОСТ 8479–70. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71, ГОСТ 10702–78. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,12–0,18 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,70–1,00 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | — | — | ≤ 0,30 | 766 | 838 | 702 | 799 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 850–870 | С печью | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 179 | | | | | |
| | Закалка I | 865–895 | Вода или масло | До 80 | 490 | 690 | 12 | 45 | 69 | — | — | | | | | |
| | Закалка II | 770–820 | | Свыше 80 до 150 | 490 | 690 | 10 | 40 | 62 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 180 | | Воздух или масло | Свыше 150 до 250 | 490 | 690 | 9 | 35 | 59 | — | — | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Нормализация | | Воздух | До 100 | 195 | 390 | 26 | 55 | 59 | — | 111–156 | | | | | |
| | | | | 100–300 | 195 | 390 | 23 | 50 | 54 | | | | | | | |
| ГОСТ 10702–78 | Горячекатаный | | | | — | — | — | — | — | — | ≤ 156 | | | | | |
| | Отпущенный или отожженный | | | | — | 550 | — | 60 | — | — | ≤ 179 | | | | | |
| ДЦ | Нормализация | 870–800 | Воздух | | Не определяются | | | | | — | ≤ 270 | | | | | |
| | Цементация | 900–920 | Воздух | | Не определяются | | | | | Поверхности 56–62 | Сердцевинные ≤ 250 | | | | | |
| | Закалка | 760–800 | Масло | | Не определяются | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 170–190 | Воздух или масло | | Не определяются | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Втулки, пальцы, шестерни, валики, толкатели и другие детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости при невысокой прочности сердцевинны. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | — | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | Закалка 850°С, масло, отпуск 200°С, 1 ч. | | | | |
| — | — | — | | | | 98 | — | — | 61 | — | — | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | | |
| Слиток | 1260–800 | До 200 | В ящике или отжиг низкотемпературный | | | До 200 | На воздухе | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1260–750 | 201–700 | Отжиг низкотемпературный | | | 201–700 | Отжиг низкотемпературный | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокочувствительность | | | | | | | |
| Сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. | | | В горячекатаном состоянии при ≤ 179 HB и σ _в = 730 Н/мм ² K _v = 1,12 (твердый сплав), K _v = 0,9 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|---|--|-------------------|------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 20Х | | Лист и полоса — ГОСТ 1577–93. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71, ГОСТ 10702–78. Поковки — ГОСТ 8479–70. Трубы — ГОСТ 8731–74, ГОСТ 8733–74. | | | | | | | | | | |
| | | Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,17–0,23 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,70–1,00 | ≤ 0,30 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 750 | 825 | 665 | 755 |
| В соответствии с заказом в стали массовая доля Si 0,10–0,37% и массовая доля Mn 0,40–0,80%. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577–93 | Лист. Без термической обработки или после контролируемой прокатки | | | До 80 | Не определяются | | | | | — | ≤ 179 | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | ПС | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 179 | |
| | Закалка I | 880 | Вода или масло | До 80 | 635 | 780 | 11 | 40 | 59 | — | — | |
| | Закалка II | 770–820 | Вода или масло | Свыше 80 до 150 | 635 | 780 | 9 | 35 | 53 | — | — | |
| | Отпуск | 180 | Воздух или масло | Свыше 150 до 250 | 635 | 780 | 8 | 30 | 50 | — | — | |
| Прокат нагартованный | | | | Свыше 5 | — | — | — | — | — | — | ≤ 229 | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HB | КП | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Нормализация | ПС | | До 100 | 195 | 390 | 26 | 55 | 59 | 111–156 | 195 | |
| | | | | Свыше 100 до 300 | 195 | 390 | 23 | 50 | 54 | 111–156 | 195 | |
| | | | | Свыше 300 до 500 | 195 | 390 | 20 | 45 | 49 | 111–156 | 195 | |
| | | | | До 100 | 215 | 430 | 24 | 53 | 54 | 123–167 | 215 | |
| | | | | Свыше 100 до 300 | 215 | 430 | 20 | 48 | 49 | 123–167 | 215 | |
| | | | | До 100 | 245 | 470 | 22 | 48 | 49 | 143–179 | 245 | |
| | Закалка Отпуск | ПС | | Свыше 100 до 300 | 245 | 470 | 19 | 42 | 39 | 143–179 | 245 | |
| | | | | До 100 | 275 | 530 | 20 | 40 | 44 | 155–197 | 275 | |
| | | | | Свыше 100 до 300 | 275 | 530 | 17 | 38 | 34 | 155–197 | 275 | |
| | | | | Свыше 100 до 300 | 315 | 570 | 14 | 35 | 34 | 167–207 | 315 | |
| Свыше 100 до 300 | 345 | 590 | 17 | 40 | 54 | 174–217 | 345 | | | | | |

Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы.

Поковки IV и V группы с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|---|-------|-------------------|----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 8731–74 | Трубы горячедеформированные в термически обработанном состоянии | | | ГОСТ 8732–78, ГОСТ 9567–75 | — | 431 | 16 | — | — | — | — |

Размеры труб и их вид регламентируются указанными ГОСТами.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|--|-------|-------------------|----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 8733–74 | Трубы холоднореформированные в термически обработанном состоянии | | | ГОСТ 8734–75, ГОСТ 9567–75 | — | 431 | 17 | — | — | — | ≤ 179 |

Размеры труб и их вид регламентируются указанными ГОСТами.

| 20X | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------------|--|---|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10702–78 | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии | | | Круглый от 5 до 45 Шести- гранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 163 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии (после отпуска или обычного отжига и сфероидизирующего отжига) | | | Круглый от 3 до 42 Шести- гранный от 7 до 40 ¹ | — | ≤ 550 360–470 | — | ≥ 60 — | — | — | ≤ 179 ≤ 179 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии | | | Круглый от 3 до 42 Шести- гранный от 7 до 40 ¹ | — | ≤ 590 | ≥ 5 | ≥ 45 | — | — | ≤ 207 |

¹ Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|----------|-------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² |
| [1] | Цементация ¹ | 920–950 | Воздух | 15 | 784 | 981 | 8 | 40 | 40 | Поверхности 54–62 | Сердцевины ≤ 250 | | | | | |
| | Закалка | 780–820 | Масло | 30 | 617 | 833 | 10 | 40 | 60 | | | | | | | |
| | Отпуск | 180–200 | Воздух | 60 | 392 | 637 | 13 | 40 | 50 | | | | | | | |
| | Нормализация | 880–900 | Воздух | 70 | 353 | 588 | 18 | 45 | 60 | — | 174–215 | | | | | |
| | Цианирование | 820–860 | Масло | Образцы | Не определяются | | | | | ≥ 56 | — | | | | | |
| | Закалка | 820–860 | | | | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | 180–200 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | |
| Цементация ¹ | 920–950 | Воздух | Образцы | Не определяются | | | | | Поверхности 54–62 | Сердцевины ≤ 250 | | | | | | |
| Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ | — | Эмульсия | | | | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | 180–200 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | |

¹ Механические свойства сердцевины ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются.

Назначение. Втулки, шестерни, обоймы, поршневые пальцы, толкатели оси, направляющие планки, шпиндели, червяки, оправки, копии, гильзы, диски, тарелки регуляторов, плунжеры, кулачковые муфты, рычаги, стяжные кольца, штоки впускных клапанов и другие детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости при невысокой прочности сердцевины.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ–7–008–89).

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Термообработка | НД | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | Термообработка |
|--|-------------|--|-----|---|-----|---------|---------|---------|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | |
| 235 | — | Нормализация. $\sigma_b = 450–590$ Н/мм ² | [1] | 226–241 | 241 | 175–232 | 172–212 | 152–165 | Нормализация |
| 295 | — | Закалка и высокий отпуск. $\sigma_b = 690$ Н/мм ² | [4] | 280–286 | — | 280–289 | 277–287 | 261–274 | Пруток. ϕ 115 мм. Закалка + отпуск |
| 412 | — | Цементация, закалка, низкий отпуск. $\sigma_b = 930$ Н/мм ² | | | | | | | |

| 20X | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------------|---------------------------|---|---|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Образец кованный и нормализованный | | | ø 6 | 700 | 120 | 150 | 48 | 89 | — | — |
| | Скорость деформирования 16 мм/мин | | | длина | 800 | 63 | 93 | 56 | 74 | — | — |
| | Скорость деформации 0,009 1/с | | | 30 | 900 | 51 | 84 | 64 | 88 | — | — |
| | | | | | 1000 | 33 | 51 | 78 | 97 | — | — |
| | | | | | 1100 | 21 | 33 | 98 | 100 | — | — |
| | | | | | 1200 | 14 | 25 | — | — | — | — |
| Количество мартенсита, % | | Критическая твердость HRC | | Критический диаметр, d, мм, при закалке [4] | | | | | | | |
| | | | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | |
| 50 | | 32–36 | | 26–48 | | 8–24 | | — | | — | |
| 90 | | 38–42 | | 12–28 | | 3–9 | | — | | — | |
| Пределы ползучести, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | 1/10 ⁴ | | | | | | | | | |
| [4] | 400 | 137 | | | | | | | | | |
| | 450 | 88 | | | | | | | | | |
| | 500 | 59 | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1260–800 | До 200 | В ящике или отжиг низкотемпературный | | | До 200 | На воздухе | | | | |
| Заготовка | 1260–750 | 201–700 | Отжиг низкотемпературный | | | 201–700 | Отжиг низкотемпературный | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | |
| Сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ | | | В нормализованном состоянии при $\sigma_b = 470$ Н/мм ² $K_v = 1,7$ (твердый сплав), $K_v = 1,3$ (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|-------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|------|---------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 30X | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71, ГОСТ 10702–78. Поковки — ГОСТ 8479–70. Крепежные детали — ГОСТ 23304–78. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,24–0,32 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 740 | 815 | — | — |
| 1. В соответствии с заказом в стали массовая доля Si 0,10–0,37% и массовая доля Mn 0,40–0,80%. 2. В готовом прокате и поковках при соблюдении норм механических свойств допускаются отклонения по химическому составу, которые должны соответствовать: C ± 0,01%; Si ± 0,02%; Cr ± 0,02%; Mn ± 0,02%. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | не менее | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | | | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | | | — | ≤ 187 |
| | Прокат нагартованный | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | | | — | ≤ 241 |
| | Закалка | 860 | Масло | До 80 | 685 | 880 | 12 | 45 | 69 | — | — | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 685 | 880 | 10 | 40 | 62 | — | — | | |
| | Отпуск | 500 | Вода или масло | Свыше 150 до 250 | 685 | 880 | 9 | 35 | 59 | — | — | | |
| Закалка Отпуск | 860 500 | Масло Вода или масло | Пруток Ø 25 | 730 | 910 | 11 | 45 | 69 | — | — | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | КП | HB | не менее | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка | | | До 100 | 395 | 615 | 17 | 45 | 59 | — | 187–229 | | |
| | Отпуск | | | До 100 | 490 | 655 | 16 | 45 | 59 | 490 | 212–248 | | |
| | | | | 100–300 | 395 | 615 | 15 | 40 | 54 | 395 | 187–229 | | |
| Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы. | | | | | | | | | | | | | |
| Поковки IV и V группы с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | не менее | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 10702–78 | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности, термически обработанный | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | — | ≤ 170 | |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности термически обработанный (после отпуска или обычного отжига и сфероидизирующего отжига) | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ¹ | — | + | — | + | — | — | — | ≤ 187 | |
| | | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ¹ | — | + | + | + | — | — | — | ≤ 207 | |

¹ Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

Знак "+" означает, что механические свойства и твердость определяют для накопления данных и результаты испытаний указывают в документе о качестве.

| 30X | | Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------|-----------------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|----------------|------------|-------------------------|---------|---------|-------------------------|-----|----|----|----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее или в пределах | | | | | |
| ГОСТ 23304–78 | Закалка | 840–870 | Масло | До 100 | 20 | Болты, шпильки | | | | | | 187–217 | 395 | | | | | |
| | | | | | | 392–539 | 441 | 15 | 40 | 59 | | | | | | | | |
| | | | | | | Отпуск | 500–650 | Масло или вода | До 100 | 20 | 245 | | | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | | | | | 588–735 | | | 735 | 14 | 45 | 59 | 235–285 |
| | Закалка | 840–870 | Масло | До 100 | 20 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | 187–217 | 395 | | | | | |
| | | | | | | 392–539 | 441 | 15 | 40 | 59 | | | | | | | | |
| | | | | | | Отпуск | 500–650 | Масло или вода | До 100 | 20 | 245 | | | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | | | | | 588–735 | | | 735 | 14 | 45 | 59 | 235–285 |

Сталь ограниченного применения.

Примечания.

- Для крепежных деталей из стали с диаметром или стороной заготовки более 80 мм допускается снижение предела текучести на 20 Н/мм².
- Допускается изготавливать сферические шайбы по ГОСТ 4543–71.
- При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , ψ , КСВ соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%.
- Режимы отпуска и старения являются рекомендуемыми и могут назначаться по согласованию с головной материаловедческой организацией. Режимы закалки могут уточняться по согласованию с головной материаловедческой организацией.
- На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футорки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.
- В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин. Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более. Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3а контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.
- Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 395, КП 590; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 395; для сферических шайб (выпуклых и вогнутых) — ГОСТ 4543–71.
- Ультразвуковой контроль (УЗК) проводят на заготовках, прошедших окончательную термическую обработку. При проведении повторной полной термической обработки заготовок должен проводиться повторный УЗК. Для деталей, подвергаемых химико-термической обработке, УЗК проводят до химико-термической обработки.

Назначение. Крепежные детали (болты, шпильки, гайки и плоские подкладные шайбы) для фланцевых соединений реакторов, осей, валов, шестерни, кольцевые рельсы, крепеж и др.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ–7–008–89).

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|-------------------|---|---|---|-----|-----|-----|-----|---|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | +20 | 0 | –20 | –40 | –60 | –70 | |
| 331 | 240 | 5·10 ⁶ | $\sigma_{0,2} = 450$ Н/мм ² , $\sigma_b = 690$ Н/мм ² | 42 | — | 34 | 34 | — | 33 | Закалка 860°C, масло, отпуск 200°C, масло |
| | | | | 150 | — | 118 | 100 | — | 72 | Нормализация 850°C, воздух |
| | | | | 97 | — | 77 | 64 | — | 48 | Закалка 850°C, масло, отпуск 500°C, масло |

Механические свойства в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | | | | | |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|----------|-----|------|-----|-----|-----|----|----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | | | | |
| [1] | Закалка | 860 | Масло | Пруток | 300 | 570 | 790 | 25 | 65 | 127 | — | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Отпуск | 500 | φ 40 | 400 | 510 | 650 | 21 | 74 | 98 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 30X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------|-------------------|----------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|----------|----------|-----|--------|----|-----|-----|
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_{B_s} , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| [4] | Закалка | 840 | Масло | Образцы | 20 | 460 | 690 | 28 | — | — | — | | | | | | |
| | Отпуск | 580 | | | 200 | 390 | 700 | 22 | — | — | — | | | | | | |
| | | | | | 300 | 360 | 670 | 22 | — | — | — | | | | | | |
| | | | | | 400 | 310 | 540 | 24 | — | — | — | | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_{B_s} , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| [5] | Закалка | 850–870 | Масло | Шпильки | 425 | 650 | 800 | 13 | 45 | 60 | ≥ 255 | | | | | | |
| | Отпуск | 500–600 | | Гайки | 425 | 650 | 800 | 13 | 6 | 60 | ≥ 229 | | | | | | |
| | | | | Пруток ø 40 | 20 | 670 | 850 | 17 | 65 | 100 | — | | | | | | |
| | | | | | 100 | 580 | 780 | 15 | 59 | 140 | — | | | | | | |
| | | | | | 200 | 560 | 790 | 16 | 56 | 140 | — | | | | | | |
| | | | | | 300 | 580 | 810 | 25 | 65 | 130 | — | | | | | | |
| | | | | | 400 | 520 | 660 | 21 | 73 | 100 | — | | | | | | |
| | | | | | 500 | 455 | 510 | 14 | 75 | 85 | — | | | | | | |
| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_{B_s} , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее | | | | | | |
| [1] | Закалка | 850 | Вода | Образцы | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 300 | | | | | | | | | | 540 | 900 | 11 | 53 | 20 | — |
| | | 400 | | | | | | | | | | 560 | 860 | 13 | 54 | 39 | — |
| | | 500 | | | | | | | | | | 440 | 690 | 18 | 70 | 39 | — |
| | | 600 | | | | | | | | | | 490 | 670 | 17 | 74 | 54 | — |
| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_{B_s} , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее | | | | | | |
| [4] | Закалка | 840 | Вода | Образцы | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 500 | | | | | | | | | | 880 | 980 | 15 | 53 | 98 | — |
| | | 600 | | | | | | | | | | 680 | 830 | 19 | 51 | 127 | — |
| | | 700 | | | | | | | | | | 540 | 710 | 24 | 68 | 166 | — |
| Механические свойства в зависимости от сечения | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Место вырезки образца | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_{B_s} , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| [4, 7] | Закалка | 850 | Вода | 40 | К | 520 | 720 | 22 | 66 | 216 | — | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Отпуск | 550 | Воздух | Ц | 490 | 680 |
| | 80 | К | 520 | 720 | 21 | 66 | 206 | — | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Ц | 480 | 680 | | | | 28 | 62 | 176 |
| | 120 | К | 520 | 720 | 21 | 65 | 206 | — | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Ц | 420 | 680 | | | | 28 | 60 | 167 |
| | 160 | К | 410 | 720 | 18 | 64 | 206 | — | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Ц | 420 | 670 | 27 | 61 | 154 | — | | |

К — образцы вырезаны из приповерхностной зоны.

Ц — образцы вырезаны из центральной зоны.

| 30X | | Механические свойства в зависимости от сечения | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|---|------------------------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее | |
| [4] | Нормализация | 850 | Воздух | 30 | 760 | 880 | 15 | 50 | 78 | 262 | | |
| | Отпуск | 660 | | 50 | 650 | 820 | 15 | 50 | 78 | 248 | | |
| | Закалка | 850 | | 80 | 550 | 740 | 15 | 50 | 78 | 217 | | |
| | Отпуск | 570 | Вода или масло | 120 | 490 | 700 | 15 | 50 | 59 | 207 | | |
| | | | | 160 | 450 | 670 | 15 | 50 | 59 | 197 | | |
| | | | | 240 | 390 | 630 | 15 | 50 | 59 | 187 | | |
| Механические свойства после длительного старения | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | |
| [5] | Закалка | 850–870 | Масло | Пруток | Исходное состояние | | 670 | 850 | 17 | 65 | 100 | — |
| | Отпуск | 500–600 | | | 450 | 3000 | 510 | 700 | 21 | 66 | 180 | — |
| | | | | | 450 | 10000 | 450 | 660 | 24 | 68 | 170 | — |
| | | | | | 500 | 3000 | 430 | 620 | 28 | 70 | 200 | — |
| | | | | | 500 | 10000 | 420 | 610 | 26 | 70 | 190 | — |
| Релаксационная стойкость стали | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время τ , ч | | | | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | | | |
| [5] | Закалка | 850–870 | Масло | 400 | 200 | 87 | 62 | 53 | 34 | — | | |
| | Отпуск | 500–600 | | | | | | | | | Масло или воздух | |
| Технологические характеристики [1, 7] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1250–800 | Поковки всех размеров: | | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | До 350 | На воздухе | | | | | | |
| | | ответственного назначения | остальные | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1250–800 | | | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ | | | В состоянии закалки и отпуска при 187 НВ и $\sigma_{в} = 620$ Н/мм ² $K_v = 1,0$ (твердый сплав), $K_v = 0,85$ (быстрорежущая сталь) | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | Склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|-------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|------|---------|-------------------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|--------|--|
| 35X | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71, ГОСТ 10702-78. Поковки — ГОСТ 8479-70. Крепежные детали — ГОСТ 20700-75, ГОСТ 23304-78. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С [1] | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn [4] | |
| 0,31–0,39 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 743 | 782 | 693 | 730 | 360 | |
| 1. В соответствии с заказом в стали массовая доля Si 0,10–0,37%. 2. В готовом прокате и поковках при соблюдении норм механических свойств допускаются отклонения по химическому составу, которые должны соответствовать: C ± 0,01%; Si ± 0,02%; Cr ± 0,02%; Mn ± 0,02%. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 4543-71 | Отжиг | | | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | | — | ≤ 197 | | | |
| | Прокат нагартованный | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | | — | ≤ 255 | | | |
| | Закалка | 860 | Масло | До 80 | 735 | 910 | 11 | 45 | 69 | — | — | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 735 | 910 | 9 | 40 | 62 | — | — | | | | |
| Отпуск | 500 | Вода или масло | Свыше 150 до 250 | 735 | 910 | 8 | 35 | 59 | — | — | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HB | КП | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 8479-70 | Закалка | | ПС | До 100 | 490 | 655 | 16 | 45 | 59 | 212–248 | 490 | | | | |
| | Отпуск | | | 100–300 | 395 | 615 | 15 | 40 | 54 | 187–229 | 395 | | | | |
| Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Поковки IV и V группы с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 10702-78 | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | — | ≤ 170 | | | |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии (после отпуска или обычного отжига и сфероидизирующего отжига) | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ¹ | — | + | — | + | — | — | — | ≤ 197 ≤ 197 | | | |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ¹ | — | 690 | 5 | 40 | — | — | — | + | | | |
| ¹ Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Знак "+" означает, что механические свойства и твердость определяют для накопления данных и результаты испытаний указывают в документе о качестве. | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HB | КП | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | | | |
| ГОСТ 20700-75 | Категория IV. Легированные стали | | | Болты, шпильки, пробки и хомуты | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 840–870 | Масло | До 100 | 588–735 | 735 | 14 | 45 | 59 | 235–285 | — | | | | |
| | | | | Свыше 100 до 300 | 588–735 | 735 | 13 | 40 | 49 | 235–285 | — | | | | |
| | Отпуск | 500–620 | Вода или масло | Гайки | | | | | | | | | | | |
| До 300 | | | | — | — | — | — | — | — | 217–187 | — | | | | |

| 35X | | Механические свойства | | | | | | | | | | |
|---|--|--------------------------------|--|-----------------------|--|--------------------------------------|--|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|
| Примечания. | | | | | | | | | | | | |
| 1. Указанный режим отпуска допускается уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок. | | | | | | | | | | | | |
| 2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C. | | | | | | | | | | | | |
| 3. Для старения марки стали с диаметром или стороной заготовки более 80 мм допускается снижение предела текучести на 20 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | |
| 4. Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы. | | | | | | | | | | | | |
| 5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше 10 ⁴ /σ _в (Н/мм ²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см ² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85. | | | | | | | | | | | | |
| Марка стали | НД | Предельные параметры | | | | | | | | | | |
| | | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | Гайки | | | | Шайбы | | | | |
| | | Температура среды, °С | Условное давление P _y , Н/мм ² | Температура среды, °С | Условное давление P _y , Н/мм ² | Температура среды, °С | Условное давление P _y , Н/мм ² | | | | | |
| 35X | ГОСТ 10702–78 ГОСТ 4543–71 | До 425 | 20 | До 450 | 20 | — | — | — | — | | | |
| Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | не менее или в пределах | | | | | | |
| ГОСТ 23304–78 | Закалка Отпуск | 840–870 | Масло | До 100 | 20 | Болты, шпильки | | | | | | |
| | | | | | | 392–539 | 441 | 15 | 40 | 59 | 187–217 | 395 |
| | | 500–650 | Масло или вода | | 20 | 245 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | 350 | 588–735 | 735 | 14 | 45 | 59 | 235–285 |
| | Закалка Отпуск | 840–870 | Масло | До 100 | 350 | | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | |
| | | | | | | 441 | — | — | — | — | — | — |
| 500–650 | Масло или вода | 20 | 392–539 | 441 | 15 | 40 | 59 | 187–217 | 395 | | | |
| | | | 350 | 245 | — | — | — | — | — | — | | |
| Сталь ограниченного применения. | | | | | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | |
| 1. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для σ _{0,2} , σ _в , δ, ψ, KCV соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%. | | | | | | | | | | | | |
| 2. Режимы отпуска и старения являются рекомендуемыми и могут назначаться по согласованию с головной материаловедческой организацией. Режимы закалки, нормализации и аустенитизации могут уточняться по согласованию с головной материаловедческой организацией. | | | | | | | | | | | | |
| 3. На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футорки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям. | | | | | | | | | | | | |
| 4. В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин. | | | | | | | | | | | | |
| Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более. | | | | | | | | | | | | |
| Для болтов и шпилек групп качества 3 и За контролируют детали диаметром резьбы М24 и более. | | | | | | | | | | | | |
| 5. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 395, КП 590; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 395; для сферических шайб (выпуклых и вогнутых) — по ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | |
| 6. Ультразвуковой контроль (УЗК) проводят на заготовках, прошедших окончательную термическую обработку. При проведении повторной полной термической обработки заготовок должен проводиться повторный УЗК. Для деталей, подвергаемых химико-термической обработке, УЗК проводят до химико-термической обработки. | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | | |
| [1] | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и низкий отпуск | | Вода, водный раствор глицерина или масло | Образец | Не определяются | | | | | | Поверхности 38–56 | — |
| | Поверхностная закалка с нагревом газовым пламенем | | Воздух, затем вода | | Образец | Не определяются | | | | | | Поверхности ≥ 40 |

| 35X | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|--|---|--|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|----------|----|----|-----|---|
| Назначение. Крепежные детали (болты, шпильки, гайки и плоские подкладные шайбы), оси, валы, шестерни, кольцевые рельсы и другие. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Состояние стали | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1, 6] | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | + 20 | 0 | - 25 | - 40 | - 60 | - 70 | | | | | | |
| 362 | 240 | 10 ⁶ | При $\sigma_b = 690$ Н/мм ² | | 101 | — | 69 | — | — | 48 | Закалка 860°C, масло, отпуск 580°C | | | | | |
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| [4] | Закалка | 840 | Масло | Пруток ø 40 | 20 | 460 | 690 | 28 | — | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 580 | | | 200 | 390 | 700 | 22 | — | — | — | | | | | |
| | | 300 | | | 360 | 670 | 22 | — | — | — | | | | | | |
| | | 400 | | | 310 | 540 | 24 | — | — | — | | | | | | |
| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее | | | | | |
| [4, 6] | Закалка | 850 | Вода | Пруток ø 25 | 880 | 980 | 15 | 53 | 98 | — | | | | | | |
| | Отпуск | 500 | Воздух | | | | | | | | 680 | 830 | 19 | 61 | 127 | — |
| | | 600 | Воздух | | | | | | | | 540 | 710 | 24 | 68 | 166 | — |
| | | 700 | Воздух | | | | | | | | — | — | — | — | — | — |
| Механические свойства в зависимости от сечения | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее | | | | | |
| [4, 6] | Нормализация | 850 | Воздух | 30 | 760 | 880 | 15 | 50 | 78 | 262 | | | | | | |
| | Отпуск | 660 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 850 | Вода | 50 | 650 | 820 | 15 | 50 | 78 | 248 | | | | | | |
| | Отпуск | 570 | Вода или масло | | | | | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 850 | Воздух | 80 | 550 | 740 | 15 | 50 | 78 | 217 | | | | | | |
| | Отпуск | 660 | Воздух | 120 | 490 | 700 | 15 | 50 | 59 | 207 | | | | | | |
| | Закалка | 850 | Вода | 160 | 450 | 670 | 15 | 50 | 59 | 197 | | | | | | |
| | Отпуск | 610 | Вода или масло | 240 | 390 | 630 | 15 | 50 | 59 | 187 | | | | | | |
| Пределы ползучести, Н/мм², при скорости деформации, %/ч | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | 1/10 ⁴ | | | | | | | | | | | | | | |
| [4] | 425 | 123 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 540 | 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 6] | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток | 1250-800 | Поковки всех размеров: | | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | До 350 | | На воздухе | | | | | | | | |
| | | ответственного назначения | | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1250-800 | остальные | | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. | | | В состоянии закалки и отпуска при 163 НВ, $\sigma_b = 620$ Н/мм ² $K_v = 1,0$ (твердый сплав), $K_v = 0,95$ (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | | | | | |
| Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | |
| Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | | | | | | Склонна | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|-------------------|------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|----|
| 38ХА | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,35–0,42 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 743 | 782 | 693 | 730 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 825–845 | С печью | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 207 | | |
| | Закалка | 845–875 | Масло | До 80 | 785 | 930 | 12 | 50 | 88 | — | — | | |
| | Отпуск | 500–600 | Вода или масло | Свыше 80 до 150 | 785 | 930 | 10 | 45 | 80 | — | — | | |
| | | | | Свыше 150 до 250 | 785 | 930 | 9 | 40 | 75 | — | — | | |
| Назначение. Крепежные детали, баллоны большой емкости, работающие под давлением, диски турбин, шпиндели, валы, червячные валы, оси, шестерни и др. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1, 4] | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | | | |
| 333 | — | Закалка, отпуск. σ _в = 690 Н/мм ² | | | | | | | | | | | |
| 372 | — | σ _в = 870 Н/мм ² | | | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 392 | — | σ _в = 980 Н/мм ² , σ _{0,2} = 830 Н/мм ² , 241 НВ | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{исп.} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| [4] | Закалка | 850 | Масло | Пруток | 20 | 790 | 940 | 13 | 55 | 83 | 285–302 | | |
| | | | | | ø 28–55 | 300 | 680 | 880 | 17 | 58 | — | — | |
| | | | | | | 400 | 610 | 690 | 18 | 68 | 98 | — | |
| | | | | | | 500 | 430 | 490 | 21 | 80 | 78 | — | |
| | Отпуск | 550 | Масло или вода | ø 28–55 | 20 | 570 | 700 | 26 | 60 | 216 | 207–217 | | |
| | | | | | 400 | 430 | 590 | 19 | 71 | 211 | — | | |
| | | | | | 500 | 360 | 420 | 24 | 79 | 132 | — | | |
| | | | | | 600 | 210 | 245 | 32 | 89 | — | — | | |
| | Закалка | 860 | Масло | Пруток | -20 | 900 | 1040 | 18 | 58 | — | — | | |
| | | | | | ø 25 | -40 | 930 | 1100 | 18 | 55 | 78 | — | |
| | | | | | | ø 25 | -70 | 1000 | 1120 | 18 | 55 | 59 | — |
| | | | | | | | ø 25 | -70 | 1000 | 1120 | 18 | 55 | 59 |

| 38ХА | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|--------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|----------|------|----|----|-----|-----|
| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее | | | | | |
| [4] | Закалка | 850 | Вода | Образцы | 1220 | 1310 | 7 | 38 | 54 | 380 | | | | | | |
| | Отпуск | 400 | | | | | | | | | 930 | 1030 | 12 | 47 | 108 | 320 |
| | | 500 | | | | | | | | | 710 | 830 | 17 | 63 | 167 | 260 |
| | | 600 | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства в зависимости от сечения | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее | | | | | |
| [4] | Закалка | 850 | Масло | 100 | 540 | 690 | 15 | 45 | 59 | 240–280 | | | | | | |
| | Отпуск | 560 | Воздух | 100–200 | 490 | 660 | 13 | 40 | 54 | 230–270 | | | | | | |
| | | | | 200–300 | 440 | 640 | 14 | 40 | 54 | 230–260 | | | | | | |
| Пределы ползучести, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °С | 1/10 ³ | | | 1/10 ⁴ | | | | | | | | | | | |
| [4] | 425 | 124 | | | — | | | | | | | | | | | |
| | 450 | 88 | | | — | | | | | | | | | | | |
| | 540 | 59 | | | 25 | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | из заготовок | | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | | | |
| Слиток | 1220–800 | Поковки всех размеров: | | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | — | — | | | | | | | | | |
| | | ответственного назначения | | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1240–780 | остальные | | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | В закаленном и отпущенном состоянии при $\sigma_b = 930$ Н/мм ² $K_v = 0,8$ (твердый сплав), $K_v = 0,7$ (быстрорежущая сталь) | | | Чувствительна | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Склонна | | | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--|-------------------|------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|---------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|--|--|
| 40X | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71, ГОСТ 10702–78. Поковки — ГОСТ 8479–70. Трубы — ГОСТ 8733–74. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С [1] | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn [4] | | |
| 0,36–0,44 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,008 | 743 | 815 | 693 | 730 | 325 | | |
| 1. В соответствии с заказом в стали массовая доля Si 0,10–0,37%. 2. В готовом прокате и поковках при соблюдении норм механических свойств допускаются отклонения по химическому составу, которые должны соответствовать: C ± 0,01%; Si ± 0,02%; Cr ± 0,02%; Mn ± 0,02%. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | | | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 217 | | | | |
| | Закалка | 860 | Масло | До 80 | 785 | 980 | 10 | 45 | 59 | — | — | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 785 | 980 | 8 | 40 | 54 | — | — | | | | |
| | | | | Свыше 150 до 250 | 785 | 980 | 7 | 35 | 51 | — | — | | | | |
| Отпуск | 500 | Вода или масло | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HB | КП | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Нормализация | | | ПС | 500–800 | 245 | 470 | 15 | 30 | 34 | 143–179 | 245 | | | |
| | | | | | 300–500 | 275 | 530 | 15 | 32 | 29 | 156–197 | 275 | | | |
| | | | | | До 100 | 315 | 570 | 17 | 38 | 39 | 167–207 | 315 | | | |
| | | | | | | 100–300 | 315 | 570 | 14 | 35 | | | 34 | | |
| | Закалка | | | ПС | До 100 | 345 | 590 | 18 | 45 | 59 | 174–217 | 345 | | | |
| | | | | | 500–800 | 275 | 530 | 13 | 30 | 29 | 156–197 | 275 | | | |
| | | | | | | 300–500 | 315 | 570 | 12 | 30 | 29 | 167–207 | 315 | | |
| | | | | | | 500–800 | 315 | 570 | 11 | 30 | 29 | | | | |
| | | | | | 100–300 | 345 | 590 | 17 | 40 | 54 | 174–217 | 345 | | | |
| | | | | | | 300–500 | 345 | 590 | 14 | 38 | | | 49 | | |
| | | | | | До 100 | 395 | 615 | 17 | 45 | 59 | 187–229 | 395 | | | |
| | | | | | | 100–300 | 395 | 615 | 15 | 40 | | | 54 | | |
| 300–500 | 395 | 615 | 13 | 35 | 49 | 197–235 | 440 | | | | | | | | |
| | До 100 | 440 | 635 | 16 | 45 | | | 59 | | | | | | | |
| 100–300 | 440 | 635 | 14 | 40 | 54 | 212–248 | 490 | | | | | | | | |
| | До 100 | 490 | 655 | 16 | 45 | | | 59 | | | | | | | |
| 100–300 | 490 | 655 | 13 | 40 | 54 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Поковки IV и V группы с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 8733–74 | В термически обработанном состоянии | | | φ 5–250 | — | 618 | 14 | — | — | — | — | ≤ 217 | | | |
| | | | | s 5–24 | | | | | | | | | | | |

| 40X | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------------|---|---|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10702–78 | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии | | | Круглый от 5 до 45 Шестигранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 179 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии (после отпуска или обычного отжига и сфероидизирующего отжига) | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ¹ | — | + | — | + | — | — | ≤ 207 ≤ 207 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии | | | Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 ¹ | — | 690 | 5 | 40 | — | — | + |

¹ Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

Знак "+" означает, что механические свойства и твердость определяют для накопления данных и результаты испытаний указывают в документе о качестве.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HB | КП |
|---------------|----------------------------------|---------|-------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Категория IV. Легированные стали | | | не менее или в пределах | | | | | | | |
| | ----- Закалка | | | Болты, шпильки, пробки и хомуты | | | | | | | |
| | Отпуск | 840–870 | Масло | До 100 | 588–735 | 735 | 14 | 45 | 59 | 235–285 | 590 |
| | | 500–620 | Вода или масло | Свыше 100 до 300 | 588–735 | 735 | 13 | 40 | 49 | 235–285 | 590 |
| | | | До 300 | Гайки | | | | | | 217–187 | — |

Примечания.

1. Указанный режим отпуска допускается уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
3. Для старения марки стали с диаметром или стороной заготовки более 80 мм допускается снижение предела текучести на 20 Н/мм².
4. Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.
5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше $10^4/\sigma_b$ (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

| Марка стали | НД | Предельные параметры | | | | | |
|-------------|-------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------|--|-----------------------|--|
| | | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | Гайки | | Шайбы | |
| | | Температура среды, °C | Условное давление P _y , Н/мм ² | Температура среды, °C | Условное давление P _y , Н/мм ² | Температура среды, °C | Условное давление P _y , Н/мм ² |
| 40X | ГОСТ 10702–78 ГОСТ 4543–71 | До 425 | 20 | До 450 | 20 | — | — |

Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|--------------------------------|--|-----|------|------|------|------|-------|-----|
| НД | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время τ , ч | | | | | | | HB |
| | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 4000 | 5000 | 10000 | |
| ГОСТ 20700–75 | 300 | 270 | 255 | 250 | 245 | — | — | 230 | — | 269 |
| | 300 | 260 | 235 | 225 | 220 | — | — | 200 | — | 207 |
| | 350 | 190 | 155 | 140 | 135 | — | — | 115 | — | 207 |
| | 350 | 270 | 210 | 190 | 180 | — | — | 150 | — | 207 |
| | 350 | 420 | 295 | 270 | 260 | — | — | 215 | — | 207 |
| | 400 | 230 | 120 | 100 | 85 | — | 70 | — | — | 207 |
| | 400 | 290 | 135 | 105 | 98 | — | 78 | — | — | 207 |
| | 400 | 360 | 140 | 110 | 100 | — | 86 | — | — | 207 |
| | 400 | 200 | 178 | 171 | 169 | 159 | — | 147 | 135 | 262 |
| | 400 | 250 | 224 | 215 | 212 | 200 | — | 195 | 182 | 262 |

| 40X | | Механические свойства | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------|-----------------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|---------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23304–78 | Закалка Отпуск | 840–870 | Масло | До 100 | 20 | не менее или в пределах | | | | | | 187–217 | 395 |
| | | | | | | Болты, шпильки | | | | | | | |
| | | 392–539 | | | 441 | 15 | 40 | 59 | 235–285 | 590 | | | |
| | | 245 | | | — | — | — | — | | | | | |
| | 500–650 | | Масло или вода | До 100 | 20 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | 187–217 | 395 |
| | 392–539 | | | | | 441 | 15 | 40 | 59 | | | | |
| | 245 | | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| | 500–650 | | Масло или вода | До 100 | 350 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | 187–217 | 395 |
| 392–539 | | 441 | | | | 15 | 40 | 59 | | | | | |
| 245 | | — | — | — | — | — | — | | | | | | |

Сталь ограниченного применения.

Примечания.

1. Допускается изготавливать сферические шайбы по ГОСТ 4543–71.

2. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , ψ , КСВ соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%.

3. Режимы отпуска и старения являются рекомендуемыми и могут назначаться по согласованию с головной материаловедческой организацией. Режимы закалки, нормализации и аустенитизации могут уточняться по согласованию с головной материаловедческой организацией.

4. На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футорки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.

5. В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин.

Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более.

Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3а контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.

6. Ультразвуковой контроль (УЗК) проводят на заготовках, прошедших окончательную термическую обработку. При проведении повторной полной термической обработки заготовок должен проводиться повторный УЗК. Для деталей, подвергаемых химико-термической обработке, УЗК проводят до химико-термической обработки.

7. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 395, КП 590; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 395; для сферических шайб (выпуклых и вогнутых) — по ГОСТ 4543–71.

Назначение. Валы, диски и роторы паровых турбин, трубы. Крепежные детали (болты, шпильки, гайки и плоские подкладные шайбы). Оси, вал-шестерни, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы, кольца, шпиндели, оправки, рейки, кулачки, зубчатые венцы, болты, полуси, пиноли, втулки и другие детали повышенной прочности.

Штоки крестовин рабочих колес поворотного-лопастных турбин.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | Термообработка |
|-----|--|-------------|---|---|---|------|------|------|---|
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | – 25 | – 40 | – 70 | |
| [1] | 380 | — | 10 ⁷ | Закалка с 860°C в масле, отпуск при 550°C | 163 | 151 | 109 | 87 | Закалка с 860°C в масле, отпуск при 650°C |
| | 230 ¹ | — | 10 ⁷ | | | | | | |
| [4] | — | 170 | — | Нормализация с 860°C | 93 | 84 | — | 55 | Закалка с 860°C в масле, отпуск при 580°C |
| | 363 | — | 10 ⁶ | $\sigma_b = 690$ Н/мм ² | | | | | |
| | 470 | — | 10 ⁶ | $\sigma_b = 940$ Н/мм ² | | | | | |
| | 509 | — | — | $\sigma_b = 960$ Н/мм ² ; $\sigma_{0,2} = 870$ Н/мм ² | | | | | |
| | 333 | 240 | 5·10 ⁶ | $\sigma_b = 690$ Н/мм ² | | | | | |
| 372 | — | — | Закалка с 860°C в масле, отпуск при 550°C | | | | | | |

¹ Образец с надрезом.

| 40X | | | Тип образца | Способ нагружения | Термообработка |
|--|-------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|--|
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | |
| 276 | — | 10 ⁷ | Гладкий | Изгиб | Отжиг. $\sigma_b = 680$ Н/мм ² |
| 95 | — | 10 ⁷ | С надрезом, R _n =0,2 мм | | |
| 465 | — | 10 ⁷ | Гладкий | Изгиб | Закалка и отпуск. $\sigma_b = 790$ Н/мм ² |
| 170 | — | 10 ⁷ | С надрезом, R _n =0,2 мм | | |
| 455 | — | 10 ⁵ | Гладкий | Изгиб | Закалка и отпуск. $\sigma_b = 700$ Н/мм ² |
| 370 | — | 10 ⁶ | | | |
| 340 | — | 5·10 ⁶ | | | |
| 245 | — | 5·10 ⁶ | Гладкий | Кручение | Закалка и отпуск. $\sigma_b = 700$ Н/мм ² |
| 480 | — | 10 ⁶ | Гладкий | Растяжение | Нормализация, закалка и отпуск. $\sigma_b = 960$ Н/мм ² |

Механические свойства в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ |
|--------|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| [1, 6] | Закалка | 820–840 | Масло | Образцы | 20 | 785 | 932 | 13 | 55 | 83 | — |
| | | Отпуск | 550 | | Воздух | 200 | 706 | 883 | 15 | 42 | 118 |
| | | | | | 300 | 677 | 873 | 17 | 58 | — | — |
| | | | | | 400 | 608 | 687 | 18 | 68 | 98 | — |
| | | | | | 500 | 432 | 490 | 21 | 80 | 79 | — |

Механические свойства при высоких температурах (продольные образцы)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | | |
|-----|----------------------|---------|-------------------|-------------------|--------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------|-----|-----|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | не менее | | | |
| [5] | Закалка | 820–840 | Масло | Пруток ø 28–55 | 20 | 800 | 940 | 13 | 55 | 85 | — | | | | |
| | | | | | Отпуск | 550, 3 ч | Воздух | 200 | 720 | 890 | 13 | 42 | 120 | — | |
| | | | | | | | | 300 | 690 | 890 | 17 | 54 | — | — | |
| | | | | | | | | 400 | 620 | 700 | 18 | 68 | 100 | — | |
| | | | | | | | | 450 | 550 | 600 | 18 | 75 | 80 | — | |
| | | | | | | | | 500 | 440 | 500 | 21 | 80 | 80 | — | |
| | Закалка | 820–840 | Масло | | Пруток | 20 | 580 | 710 | 22 | 60 | 220 | — | | | |
| | | | | | | Отпуск | 680, 3 ч | Воздух | 200 | 480 | 660 | 16 | 64 | — | — |
| | | | | | | | | | 400 | 430 | 605 | 19 | 70 | 215 | — |
| | | | | | | | | | 450 | 400 | 445 | 27 | 85 | — | — |
| | | | | | | | | | 500 | 370 | 430 | 24 | 80 | 135 | — |
| | | | | | | | | | 600 | 215 | 250 | 32 | 89 | — | — |
| | Закалка | 820–840 | Масло | | Пруток | 20 | 400 | 560 | 29 | 70 | 180 | — | | | |
| | | | | | | Отпуск | 720, 8 ч | Воздух | 300 | 330 | 570 | 20 | 65 | 270 | — |
| | | | | | | | | | 400 | 310 | 500 | 28 | 70 | 130 | — |
| 450 | | | | 300 | | | | | 420 | 24 | 75 | — | — | | |
| 500 | | | | 250 | | | | | 320 | 29 | 78 | 105 | — | | |
| 550 | | | | 220 | | | | | 250 | 30 | 87 | — | — | | |
| 600 | 190 | 210 | 33 | 90 | 32 | — | | | | | | | | | |

Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | | | | | |
|-----|----------------------|--------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------|------|------|-----|----|-------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | не менее | | | | | | |
| [1] | Закалка | 850 | Вода | Образцы | 1559 | 1765 | 8 | 35 | 29,4 | 552 | | | | | | | |
| | | Отпуск | 200 | | | | | | | | Вода | 1393 | 1608 | 7,5 | 35 | 17,7 | 498 |
| | | | 300 | | | | | | | | Вода | 1177 | 1324 | 9 | 40 | 49,0 | 417 |
| | | | 400 | | | | | | | | Вода | 912 | 1147 | 11 | 49 | 76,0 | 326 |
| | | | 500 | | | | | | | | Вода | 726 | 863 | 14 | 60 | 147,0 | 265 |
| | | | 600 | | | | | | | | Вода | 579 | 736 | 18 | 70 | 196,0 | 226 |
| | | | 700 | | | | | | | | Вода | | | | | | |

| 40X | | Механические свойства в зависимости от сечения | | | | | | | | | |
|-----|----------------------|--|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|--|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 840–860 | Масло | 101–200 | 490 | 655 | 15 | 45 | 59 | 212–248 | |
| | Отпуск | 580–650 | Воздух | 201–300 | 440 | 635 | 14 | 40 | 54 | 197–235 | |
| | | 301–500 | | 345 | 590 | 14 | 38 | 49 | 174–217 | | |

| Механические свойства после длительного старения | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-------------|--------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| [5] | ПС | | | Образцы | Исходное состояние | | 800 | 955 | 13 | 55 | 85 | — |
| | | | | | 500 | 3 | 600 | 730 | 20 | 65 | 170 | — |
| | | | | | 500 | 10 | 550 | 680 | 20 | 65 | 170 | — |
| | | | | | Исходное состояние | | 700 | 870 | 14 | 52 | 40 | — |
| | | | | | 500 | 3 | 530 | 760 | 20 | 58 | 70 | — |
| | | | | | 500 | 10 | 490 | 680 | 20 | 65 | 100 | — |
| | | | | | Исходное состояние | | 490 | 700 | 20 | 70 | 170 | — |
| 500 | 5 | 460 | 680 | 20 | 70 | 190 | — | | | | | |

| Релаксационная стойкость стали | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------|-------|-------------------|-------|--------------------------------|--|-----|------|------|------|------|--------------------------|-------|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_t , Н/мм ² , за время τ , ч | | | | | | НВ (начальная твердость) | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 4000 | 5000 | | 10000 |
| [5, 6] | ПС | | | 300 | 270 | 255 | 250 | 245 | — | — | 230 | — | 269 |
| | | | | 300 | 260 | 235 | 225 | 220 | — | — | 200 | — | 207 |
| | | | | 350 | 270 | 210 | 190 | 180 | — | — | 150 | — | 207 |
| | | | | 350 | 190 | 155 | 140 | 135 | — | — | 115 | — | 207 |
| | | | | 400 | 360 | 140 | 110 | 100 | — | 86 | — | — | 207 |
| | | | | 400 | 290 | 135 | 105 | 98 | — | 78 | — | — | 207 |
| | | | | 400 | 230 | 120 | 100 | 85 | — | 70 | — | — | 207 |
| | | | | 400 | 250 | 224 | 215 | 212 | 200 | — | 195 | 182 | 260 |
| | | | | 400 | 200 | 178 | 171 | 169 | 159 | — | 197 | 135 | 260 |

| Технологические характеристики [1, 6] | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------|--|---|--|--|--|--------------------|--|--------------------|---|--|
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | |
| Слиток | 1250–800 | Поковки всех размеров: | | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | | | До 350 | | На воздухе | | |
| Заготовка | 1250–800 | остальные | | | | | | | | | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | |

| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | Флокеночувствительность | | |
|--|--|--|--|--|--|----------------------------------|--|--|
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | В горячекатаном состоянии при 163–168 НВ и $\sigma_B = 620$ Н/мм ² $K_v = 1,20$ (твердый сплав), $K_v = 0,95$ (быстрорежущая сталь) | | | Чувствительна | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | |
| | | | | | | Склонна | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | Температура критических точек, °С [1] | | | | | | |
|--|----------------------|--|-------------------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------------|--------|----|----|---------|
| 45X | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71. Поковки — ГОСТ 8479-70. Крепежные детали — ГОСТ 23304-78. Фасонный прокат — ТУ 14-1-1271-75. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn [4] | | | |
| 0,41–0,49 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 735 | 770 | 660 | 690 | 355 | | | |
| 1. В соответствии с заказом в стали массовая доля Si 0,10–0,37%. 2. В готовом прокате и поковках при соблюдении норм механических свойств допускаются отклонения по химическому составу, которые должны соответствовать: C ± 0,01%; Si ± 0,02%; Cr ± 0,02%; Mn ± 0,02%. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| ГОСТ 4543-71 | Отжиг | 780–840 | С печью | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 229 | | | | | | |
| | Закалка | 840 | Масло | До 80 | 835 | 1030 | 9 | 45 | 49 | — | — | | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 835 | 1030 | 7 | 40 | 44 | — | — | | | | | | |
| Отпуск | 520 | Вода или масло | Свыше 150 до 250 | 835 | 1030 | 6 | 35 | 42 | — | — | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HB | КП | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| ГОСТ 8479-70 | Нормализация | ПС | | До 100 | 315 | 570 | 17 | 38 | 39 | 167–207 | 315 | | | | | | |
| | | | | 300–500 | 315 | 570 | 12 | 30 | 29 | | | | | | | | |
| | | | | 500–800 | 315 | 570 | 11 | 30 | 29 | | | | | | | | |
| | | | | До 100 | 345 | 590 | 18 | 45 | 59 | | | 174–217 | 345 | | | | |
| | 100–300 | 345 | 590 | 17 | 40 | 54 | | | | | | | | | | | |
| | 300–500 | 345 | 590 | 14 | 38 | 49 | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | ПС | | | 500–800 | 315 | 570 | 11 | 30 | 29 | 167–207 | 315 | | | | | |
| | | | | | 500–800 | 345 | 590 | 12 | 33 | 39 | | | 174–217 | 345 | | | |
| | | | | | 100–300 | 395 | 615 | 15 | 40 | 54 | 187–229 | 395 | | | | | |
| | | | | | 300–500 | 395 | 615 | 13 | 35 | 49 | | | 197–235 | 440 | | | |
| 100–300 | | | | | 440 | 635 | 14 | 40 | 54 | 212–248 | 490 | | | | | | |
| 300–500 | | | | | 440 | 635 | 13 | 35 | 49 | | | | | | | | |
| Отпуск | | | | До 100 | 490 | 655 | 16 | 45 | 59 | 223–262 | 540 | | | | | | |
| | | | | 100–300 | 490 | 655 | 13 | 40 | 54 | | | 235–277 | 590 | | | | |
| | | | | 100–300 | 540 | 685 | 13 | 40 | 49 | 248–293 | 640 | | | | | | |
| | | | | До 100 | 590 | 735 | 14 | 45 | 59 | | | | | | | | |
| До 100 | 640 | 785 | 13 | 42 | 59 | | | | | | | | | | | | |
| Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HB | КП | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее или в пределах | | | | |
| ГОСТ 23304-78 | Закалка | 840–870 | Масло | До 100 | 20 | Болты, шпильки | | | | | 187–217 | 395 | | | | | |
| | | | | | | Отпуск | 500–650 | Масло или вода | 392–539 | 441 | | | 15 | 40 | 59 | | |
| | | | | | | | | | 245 | — | | | — | — | — | | |
| | | | | | | Отпуск | 500–650 | Масло или вода | 20 | 588–735 | | | 735 | 14 | 45 | 59 | 235–285 |
| | 350 | 441 | — | — | — | | | | — | — | | | | | | | |
| | Закалка | 840–870 | Масло | До 100 | 20 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | 187–217 | 395 | | | | | |
| Отпуск | | | | | | 520–650 | Масло или вода | 392–539 | 441 | 15 | | | 40 | 59 | | | |
| | 350 | 245 | — | — | — | | | — | — | | | | | | | | |
| Сталь ограниченного применения. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для σ _{0,2} , σ _b , δ, ψ, KCV соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Режимы отпуска и старения являются рекомендуемыми и могут назначаться по согласованию с головной материаловедческой организацией. Режимы закалки, нормализации и аустенитизации могут уточняться по согласованию с головной материаловедческой организацией. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футорки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям. | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 45X | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------|----|
| <p>4. В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин.</p> <p>Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более.</p> <p>Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3а контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.</p> <p>5. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 395, КП 590; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 395; для сферических шайб (выпуклых и вогнутых) — по ГОСТ 4543–71.</p> <p>6. Ультразвуковой контроль (УЗК) проводят на заготовках, прошедших окончательную термическую обработку. При проведении повторной полной термической обработки заготовок должен проводиться повторный УЗК. Для деталей, подвергаемых химико-термической обработке, УЗК проводят до химико-термической обработки.</p> | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Закалка с нагревом ТВЧ, отпуск при 180–200°C | | | — | Не определяются | | | | | Поверхности 42–58 | — |
| | Закалка с нагревом газовым пламенем | | | — | Не определяются | | | | | Поверхности ≥ 40 | — |

Назначение. Болты и другие крепежные детали, валы, шестерни, оси, шатуны и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной твердости, износостойкости, прочности, работающие при незначительных ударных нагрузках.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | Термообработка |
|-----|--|-------------|-------------------|--|---|---|------|------|----------------|
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | – 40 | – 80 | |
| [1] | 600 | — | — | Закалка с 810°C в масле, отпуск при 575°C | 56 | — | 52 | 40 | ПС |
| [4] | 343 | — | — | $\sigma_b = 980$ Н/мм ² ; $\sigma_{0,2} = 830$ Н/мм ² ; 285 НВ | | | | | |
| | 380 | — | — | $\sigma_b = 780$ Н/мм ² ; $\sigma_{0,2} = 550$ Н/мм ² ; 217 НВ | | | | | |
| | 774 | — | 10 ⁶ | $\sigma_b = 1590$ Н/мм ² | | | | | |
| | 588 | — | 5·10 ⁶ | $\sigma_b = 1150$ Н/мм ² | | | | | |

Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | | |
|--------|----------------------|-------|-------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|------|------|----|----|---|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| [4, 6] | Закалка Отпуск | 830 | Масло | Пруток ø 25 | 1490 | 1710 | 10 | 27 | — | 500 | | | | | | |
| | | 300 | | | | | | | | | 1270 | 1490 | 12 | 37 | — | 450 |
| | | 400 | | | | | | | | | 1130 | 1240 | 17 | 50 | — | 375 |
| | | 500 | | | | | | | | | 880 | 1030 | 21 | 60 | — | 300 |
| | Закалка Отпуск | 820 | Масло | Пруток ø 50 | 1490 | 1600 | 4 | 40 | — | — | | | | | | |
| | | 400 | | | | | | | | | 1080 | 1190 | 10 | 52 | — | — |
| | | 500 | | | | | | | | | 540 | 640 | 20 | 60 | — | — |
| | | 600 | | | | | | | | | | | | | | |

Пределы ползучести

| НД | t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|--------|-------|--|----|
| | | $1/10^3$ | 88 |
| [4, 6] | 450 | | |

Технологические характеристики [1, 6]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|--|---|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1220–800 | Поковки всех размеров: ответственного назначения | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | До 100 | На воздухе |
| Заготовка | 1250–780 | | | | |
| | | остальные | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|----------------------------------|
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | В горячекатаном состоянии при 163–168 НВ и $\sigma_b = 620$ Н/мм ² $K_v = 1,2$ (твердый сплав), $K_v = 0,95$ (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 50X | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71. Поковки — ГОСТ 8479-70. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,46–0,54 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 720 | 770 | 650 | 693 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 4543-71 | Отжиг | 820 | С печью | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 229 | | |
| | Закалка | 815–840 | Масло | До 80 | 885 | 1080 | 9 | 40 | 39 | — | — | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 885 | 1080 | 7 | 35 | 35 | | | | |
| Отпуск | 470–570 | Вода или масло | Свыше 150 до 250 | 885 | 1080 | 6 | 30 | 29 | | | | | |
| ГОСТ 8479-70 | Закалка | 820–840 | Масло | До 100 | 640 | 785 | 13 | 42 | 59 | — | 248–293 | | |
| | Отпуск | 540–580 | Воздух | 100–300 | 590 | 735 | 13 | 40 | 49 | — | 235–277 | | |
| | Нормализация | 830–850 | Воздух | До 100 | 345 | 590 | 18 | 45 | 59 | — | 174–217 | | |
| | Отпуск | 580–630 | Воздух | 100–300 | 345 | 590 | 17 | 40 | 54 | — | 174–217 | | |
| ДЦ | Закалка | 830–850 | Масло | До 40 | 1300 | 1500 | 6 | 22 | 30 | 35–45 | — | | |
| | Отпуск | 180–230 | Воздух | | | | | | | | | | |
| | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и отпуск при 160–180°С | | | | Не определяются | | | | | ≥ 56 | — | | |
| Назначение. Валы, шпиндели, пиноли, рейки, оправки, установочные винты, крупные зубчатые колеса, пальцы, редукторные валы, упорные кольца, валки горячей прокатки и другие детали средних размеров, к которым предъявляются требования повышенной твердости, износостойкости, прочности, работающие при незначительных ударных нагрузках. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | |
| 710 | — | Закалка с 830°С в масле, отпуск при 180–200°С, σ _b = 1580 Н/мм ² . | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1220–800 | Поковки всех размеров: ответственного назначения | | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | До 100 | На воздухе | | | | | | |
| Заготовка | 1250–780 | валки горячей прокатки | | Нормализация, два переохлаждения, отпуск. | | 101–300 | В мульде | | | | | | |
| | | остальные | | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | В состоянии нормализации и отпуска при 207 HB и σ _b = 650 Н/мм ² K _v = 0,85 (твердый сплав), K _v = 0,80 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | Склонна | | | | | | |

СТАЛИ ЛЕГИРОВАННЫЕ

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|-------------------|---|---|------------------------------------|--------------------|--|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----|-----|
| 05Г4ДМФ | | Поковки — ТУ 108.11.819–85. Толстый лист — ТУ 108.11.818–85. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.11.818–85 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Ti | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| ≤ 0,05 | 0,30–0,60 | 3,20–3,70 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,30 | 0,20–0,40 | 0,08–0,15 | 0,15–0,40 | 710 | 830 | — | — | 460 | 370 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.818–85 | Состояние поставки | | | До 60 | 500 | 650 | 13 | 30 | 50 | — | — | | | | |
| ТУ 108.11.819–85 | Состояние поставки | | | До 500 | 500 | 650 | 12 | 30 | 50 | — | — | | | | |
| [1] | | | | Лист 60 × × 2000 × × 5000 | Верх | | | | | | | | | | |
| Отпуск | | | | | 640–655, 33 ч | Воздух | | Продольные образцы | | | | | | | |
| Нормализация | | | | | 900–940, 2 ч | Воздух | | 609 | 726 | 24,8 | 65,5 | 64 | — | — | |
| Отпуск | | | | | 590–600, 5 ч | Воздух | | 614 | 730 | 26,0 | 66,0 | 74 | — | — | |
| Доотпуск 1 | | | | | 620–630, 8 ч | Воздух | | Поперечные образцы | | | | | | | |
| Доотпуск 2 | | | | | 620–630, 8 ч | Воздух | | 606 | 727 | 26,0 | 66,5 | 72 | — | — | |
| Доотпуск 3 | | | | | 640–650, 8 ч | Воздух | | 606 | 728 | 27,2 | 67,8 | 83 | — | — | |
| | | | | | | | | Середина | | | | | | | |
| | | | | | | | | Продольные образцы | | | | | | | |
| | | | | | | | | 590 | 718 | 27,0 | 66,5 | 98 | — | — | |
| | | | | | | | | 600 | 725 | 27,0 | 67,8 | 100 | — | — | |
| | | | | | | | | Поперечные образцы | | | | | | | |
| | | | | | | | | 590 | 718 | 27,0 | 67,0 | 110 | — | — | |
| | | | | | | | | 606 | 727 | 27,4 | 67,8 | 112 | — | — | |
| | | | | | | | | Низ | | | | | | | |
| | | | | | | | | Продольные образцы | | | | | | | |
| | | | | | | | 584 | 708 | 25,2 | 65,5 | 126 | — | — | | |
| | | | | | | | 588 | 712 | 27,6 | 67,0 | 126 | — | — | | |
| | | | | | | | Поперечные образцы | | | | | | | | |
| | | | | | | | 588 | 709 | 28,0 | 70,0 | 124 | — | — | | |
| | | | | | | | 592 | 716 | 28,0 | 70,0 | 125 | — | — | | |
| Назначение. Детали сварно-кованых конструкций, а также для биметаллических лопастей гидротурбин и др. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Среда | Направление вырезки образцов | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | | + 20 | - 10 | - 20 | - 40 | - 60 | | - 80 | | | | |
| 445 | — | 10 ⁷ | Воздух | Продольное | 244–266 | 162–212 | 106–131 | 50–79 | — | — | Лист. Состояние поставки | | | | |
| 305 | — | 10 ⁷ | Вода | | | | | | | | | | | | |
| 180 ¹ | — | 10 ⁷ | Воздух | Поперечное | 230–288 | 166–212 | 73–132 | 51–64 | — | — | | | | | |
| 156 ¹ | — | 10 ⁷ | Вода | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Надрезанные образцы. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 75] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1170–850 | 680 | | Копеж и передача в горячем состоянии на термообработку | | 300 | | Копеж и передача в горячем состоянии на термообработку | | | | | | | |
| Заготовка | 1090–860 | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД под флюсом и газовой защитой, ЭШ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. КТ – без ограничений | | | | В состоянии поставки при 207–320 НВ и σ _в = 720 Н/мм ² K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,4 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | Мало склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 08ГДНФ | | Поковки — ТУ 108–11–514–80. Листы — ТУ 108.1273–84. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.1273–84 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| ≤ 0,10 | 0,15–0,40 | 0,80–1,20 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | ≤ 0,30 | 1,15–1,55 | 0,08–0,12 | 0,80–1,20 | 680–700 | 860–885 | 550–620 | 710–750 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ТУ 108.1273–84 | В термообработанном состоянии | | | До 80 | 343 | 441 | 18 | 40 | — | — | — | | |
| [1] | Закалка | 900–940 | Вода | До 200 | 450 | 550 | 20 | 45 | 40 | — | 159–208 | | |
| | Отпуск | 590–630 | Воздух | | | | | | | | | | |
| Назначение. Детали сварно-кованых конструкций для гидротурбин и другого оборудования. | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1200–850 | ПС | | | | ПС | | | | | | | |
| Заготовка | 1200–850 | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 159–208 HB и σ _B = 550 Н/мм ² K _v = 1,2 (твердый сплав), K _v = 0,85 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
|---|-----------|--|---------|---------|--------|-----------|-----------|--------|---------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 16ГНМА | | Поковка — ОСТ 108.030.113–87. Лист — ОСТ 108.030.118–78. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.030.118–78, ОСТ 108.030.113–87 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | As | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,13–0,18 | 0,17–0,37 | 0,80–1,10 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,30 | 1,00–1,30 | 0,40–0,55 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,20 | 730 | 870 | 560 | 680 |
| 1. При выплавке стали допускаются следующие отклонения по химическому составу в %: Ni ± 0,05; Si + 0,05; Cr + 0,05; Mn ± 0,05. 2. При выплавке стали в качестве технологической добавки производится присадка феррованадия на 0,02–0,03% V (по расчету). | | | | | | | | | | | | | | |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------|-------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ | Изгиб |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.030.113–87 | Нормализация | 920–940 | Воздух | До 100 | 325 | 470–635 | 21 | 50 | 59 | 146–201 | — |
| | | | | Свыше 100 до 200 | 325 | 470–635 | 19 | 48 | 54 | 146–201 | — |
| | Отпуск | 620–670 | С печью | Свыше 200 до 400 | 325 | 470–635 | 17 | 43 | 49 | 146–201 | — |

Механические свойства металла поковки при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ |
|--------------------|-------------------------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.030.113–87 | В термически обработанном состоянии | | | — | 250 | 258 | 480 | 18 | 42 | — | — |
| | | | | | 300 | 250 | 470 | 18 | 41 | — | — |
| | | | | | 350 | 240 | 460 | 19 | 41 | — | — |

Поковки в зависимости от назначения и предъявляемых к ним требований делятся на категории:

Т — поковки, предназначенные для изготовления деталей котлов, сосудов и трубопроводов тепловых электростанций;

А — поковки, предназначенные для изготовления деталей оборудования и трубопроводов атомных станций.

Свойства даны для поковок категории Т.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | КCU, после механического старения, Дж/см ² | НВ | Изгиб | |
|--------------------|----------------------|--------|-------------------|-------------|--------|------------------------------------|--|--------------|------------|-------------------------|---|------|-------|------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.030.118–78 | В состоянии поставки | | | 115 | 20 | 323–510 | 500 | 20 | 50 | 78 | 39 | ≤217 | — | |
| | Нормализация | 930±10 | Воздух | | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | d=2a |
| | | | | | Отпуск | 630–670 | С печью до 350°С со скоростью не более 50°С/ч, затем охлаждение на воздухе | 350 | 255 | 470 | — | — | — | — |

Допускается снижение ударной вязкости при температуре минус 40°С и после механического старения на двух образцах до 29 Дж/см². При этом среднее арифметическое из трех образцов должно быть не менее 39 Дж/см².

Образцы поперечные, вырезанные из контрольных проб, которые вырезают от головного и донного концов каждого листа.

Листы подвергаются сплошному контролю: размеров; качества поверхности; механических свойств; макроструктуры; ультразвуковому; правильности маркировки; наличия сопроводительной технической документации.

Назначение. Барабаны котлов высоких параметров пара. Детали оборудования и трубопроводов для АЭУ.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 450°С (ПНАЭГ–7–008–89).

Стандовые испытания металла обечайки барабанов высокого давления (P = 15,5 МПа) [11]

Общие положения

Барабаны котлов высокого давления для длительной и безаварийной работы должны иметь высокое сопротивление термической усталости и хрупкому разрушению. Для получения данных о сопротивлении термической усталости стали образцы с отверстиями испытывали на стенде в условиях, имитирующих работу барабанов котлов высокого давления, за счет воздействия механических (изгибных) напряжений, равных 270 Н/мм², и термических напряжений, возникающих за счет перепада температур от 350 до 100°С при охлаждении в воде. Уровень напряжения около отверстий образцов приближался к возникающему в барабанах котлов высокого давления.

| 16ГНМА | | Влияние структуры на термическую усталость стали | | | | | |
|--------|------------------------|--|-------------------|--------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Структура | Наличие коррозии | Число циклов N ($l_{\max} = 0,5$ мм) | $l_{\text{общ}}/N$, мм/цикл |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | |
| [12] | Нормализация Отпуск | от 930 650, 9 ч | Воздух Воздух | Ферритно-бейнитная | Без воздействия коррозии | 2797 | 0,002 |
| | | | | | | 2620 | 0,003 |
| | | | | | Периодическое погружение в воду | 2219 | 0,002 |
| | | | | | | 2186 | 0,003 |
| | Бейнитная | 2402 | Воздух | Бейнитная | Без воздействия коррозии | 5500 | 0,001 |
| | | | | | | 5020 | 0,001 |
| | | | | | Периодическое погружение в воду | 1988 | 0,004 |
| | | | | | | 2034 | 0,004 |
| 2017 | 0,004 | | | | | | |

Стояночная (кислородная) коррозия имитировалась в процессе испытаний периодическим окунанием образцов в сосуд с водой. Основным параметром при определении термоусталости обычно является число циклов (теплосмен) до появления трещины определенной длины (в данном случае $l = 0,5$ мм). Кроме того, определяли интенсивность повреждаемости $l_{\text{общ}}/N$, где $l_{\text{общ}}$ — длина всех наблюдаемых трещин, а N — число циклов до появления трещины длиной 0,5 мм.

Сталь с бейнитной структурой имеет более высокое сопротивление термической усталости, чем сталь с ферритно-бейнитной структурой (примерно в 2 раза), однако воздействие коррозии на образцы с бейнитной структурой заметно ускоряет процесс трещинообразования.

Характеристики трещиностойкости стали

| НД | Режим термообработки | | | Структура | σ_{\max} , Н/мм ² | K _c , МПа·м ^{1/2} | KCT, Дж/см ² | T _к , °C |
|------|---|-----------------------------------|-------------------|--------------------|--|--|----------------------------|------------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | |
| [12] | Нормализация Отпуск | от 930 650, 9 ч | Воздух | Ферритно-бейнитная | 1115 | 205 | 140 | 10–20 |
| | | | | Бейнитная | 1250 | 220 | 175 | 10–20 |
| | Нормализация Отпуск Дополнительное старение | от 930 650, 9 ч 450, 6000 ч | Воздух | Ферритно-бейнитная | 1050 | 190 | 115 | 0–20 |
| | | | | Бейнитная | 1300 | 230 | 165 | 15–25 |

Примечания.

1. Свойства определяли на поперечных образцах, вырезанных из полуобечек.

2. Сопротивление стали хрупкому разрушению определяли при испытании образцов с трещинами.

3. Переходную температуру полухрупкости T_к определяли при серийных испытаниях на ударный изгиб образцов типа 1 по ГОСТ 9454–78.

4. Склонность стали к хрупкому разрушению исследовали в исходном состоянии и после дополнительного старения (6000ч) при 450°C, что при пересчете по параметру Ларсона–Миллера эквивалентно 100 тыс. ч при 350°C (рабочая температура).

Сталь с бейнитной структурой имеет более высокие значения характеристик, чем с ферритно-бейнитной, работа развития трещин в этой стали также выше.

Полученные данные имеют большое практическое значение, так как сталь с бейнитной структурой имеет высокую величину отношения $\sigma_{0,2}/\sigma_b$ (0,8–0,85), однако несмотря на это обладает высоким запасом вязкости. Длительное старение не вызывает охрупчивания стали.

| Предел выносливости, Н/мм ² [5] | | | Термообработка | НД | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | Термообработка |
|--|-------------|-----------------|------------------|------|--|---------|------|------|------|---|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | |
| 215 | — | 10 ⁶ | Отпуск 650°C | [5] | 210–250 | — | — | — | — | Закалка с 950°C в масле, отпуск при 650°C в масле |
| 205 | — | 10 ⁶ | | | Нормализация 930°C | 210–250 | — | — | — | |
| 225 | — | 10 ⁶ | Отпуск 650–660°C | [20] | 165 | 165 | 162 | 127 | 96 | Нормализация 930°C, отпуск при 650°C |

Плоский изгиб основного металла (лист толщиной 52 мм) и сварного соединения (электрошлаковая сварка). Образец 52×75 мм

| 16ГНМА | | | | Тип образца | Сортамент | Термообработка |
|--------|--|-------------|-----------------|--|--|---|
| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [5] | | | | | |
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | |
| 20 | 365 | — | 10 ⁶ | Гладкий ø 80 мм | Лист толщиной 52 мм; симметричный изгиб $\sigma_b = 569$ Н/мм ² | Нормализация 920–930°C, отпуск 675–680°C |
| 100 | 325 | — | 10 ⁶ | | | |
| 200 | 315 | — | 10 ⁶ | | | |
| 300 | 345 | — | 10 ⁶ | | | |
| 400 | 365 | — | 10 ⁶ | | | |
| 500 | 295 | — | 10 ⁶ | | | |
| 600 | 265 | — | 10 ⁶ | | | |
| 20 | 165 | — | 10 ⁶ | С надрезом, R _n =0,5 мм, глубина 1 мм | | |
| 100 | — | — | 10 ⁶ | | | |
| 200 | 165 | — | 10 ⁶ | | | |
| 300 | 185 | — | 10 ⁶ | | | |
| 400 | 175 | — | 10 ⁶ | | | |
| 500 | 195 | — | 10 ⁶ | | | |
| 600 | — | — | 10 ⁶ | | | |

Состав стали: 0,17% С; 1,14% Mn; 1,32% Ni; 0,62% Mo

Механические свойства при различных температурах (образцы поперечные)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
|-----|----------------------|-------|--------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация | 930 | Скорость 50°C/ч | Лист 100 | – 60 | не менее или в пределах | | | | | 17–69 | | |
| | | | | | – 40 | | | | | | 79–89 | | |
| | – 20 | 93 | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 110 | | | | | | | | | | | |
| | 20 | 400 | | | 560 | | | | | | 21 | 60 | 120 |
| | 350 | 370 | | | 570 | | | | | | 20 | 55 | 120 |
| | 400 | 340 | | | 510 | | | | | | 20 | 57 | 90 |
| | 450 | 330 | | | 480 | | | | | | 20 | 66 | 80 |
| | 500 | 310 | | | 460 | | | | | | 20 | 67 | 60 |

Состав стали: 0,16% С; 1,22% Mn; 1,16–1,37% Ni; 0,45–0,59% Mo

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
|-----|----------------------|---------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация | 880–900 | Воздух | Лист | 20 | не менее | | | | | 110 | | |
| | | | | | 350 | | | | | | 332 | 511 | 20 |
| | 370 | 327 | | | 505 | | | | | | 19 | 55 | 140 |
| | 400 | 332 | | | 488 | | | | | | 20 | 60 | 129 |
| | 450 | 289 | | | 436 | | | | | | 19 | 70 | 120 |
| | 500 | 281 | | | 396 | | | | | | 18 | 77 | 89 |
| | 600 | 254 | | | 289 | | | | | | 17 | 86 | 100 |
| | 650 | 123 | | | 158 | | | | | | 22 | 94 | 185 |

Состав стали: 0,18% С; 0,77% Mn; 1,25% Ni; 0,44% Mo

| 16ГНМА | | Механические свойства при различных температурах в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | |
|--------------|----------------------|---|------------------------|----------------|-------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Аустенизация | 930, 2 ч | Скорость 80–100°С/ч | Лист | – 60 | — | — | — | — | 103 | — |
| | | | | | – 40 | — | — | — | — | 90 | — |
| | Отпуск | 600, 5 ч | Скорость 50°С/ч | Лист | – 20 | — | — | — | — | 100 | — |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | 100 | — |
| | | | | | 20 | 727 | 815 | 18 | 64 | 140 | — |
| | | | | | 200 | 600 | 700 | 17 | 64 | 140 | — |
| | | | | | 250 | — | — | — | — | 168 | — |
| | | | | | 300 | 595 | 750 | 16 | 64 | 90 | — |
| | | | | | 350 | 560 | 750 | 19 | 64 | 160 | — |
| | | | | | 400 | 440 | 640 | 17 | 66 | 120 | — |
| | | | | | 500 | 595 | 650 | 15 | 67 | 105 | — |
| | | | | | 600 | 350 | 370 | 22 | 78 | 90 | — |
| | Аустенизация | 930, 2 ч | Скорость 80–100°С/ч | Лист | – 60 | — | — | — | — | 96 | — |
| | | | | | – 40 | — | — | — | — | 100 | — |
| | Отпуск | 650, 5 ч | Скорость 50°С/ч | Лист | – 20 | — | — | — | — | 150 | — |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | 165 | — |
| | | | | | 20 | 552 | 704 | 22 | 67 | 140 | — |
| | | | | | 200 | 500 | 654 | 20 | 64 | 230 | — |
| | | | | | 250 | — | — | — | — | 210 | — |
| | | | | | 300 | 523 | 696 | 19 | 64 | 205 | — |
| | | | | | 350 | 510 | 684 | 19 | 66 | 200 | — |
| | | | | | 400 | 460 | 610 | 19 | 71 | 160 | — |
| | | | | | 500 | 420 | 480 | 20 | 76 | 110 | — |
| | | | | | 600 | 315 | 324 | 26 | 84 | 140 | — |
| | Аустенизация | 930, 2 ч | Скорость 80–100°С/ч | Лист | – 60 | — | — | — | — | 71 | — |
| | | | | | – 40 | — | — | — | — | 82 | — |
| | Отпуск | 700, 5 ч | Скорость 50°С/ч | Лист | – 20 | — | — | — | — | 90 | — |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | 70 | — |
| | | | | | 20 | 472 | 790 | 18 | 55 | 70 | — |
| | | | | | 200 | 474 | 630 | 20 | 66 | 130 | — |
| | | | | | 250 | — | — | — | — | 170 | — |
| | | | | | 300 | 491 | 720 | 30 | 67 | 150 | — |
| | | | | | 350 | 460 | 700 | 29 | 64 | 150 | — |
| | | | | | 400 | 430 | 600 | 23 | 71 | 150 | — |
| | | | | | 500 | 380 | 480 | 22 | 76 | 110 | — |
| | | | | | 600 | 287 | 303 | 30 | 84 | 130 | — |
| Аустенизация | 930, 2 ч | Скорость 80–100°С/ч | Лист | – 60 | — | — | — | — | 80 | — | |
| | | | | – 40 | — | — | — | — | 80 | — | |
| Отпуск | 750, 5 ч | Скорость 50°С/ч | Лист | – 20 | — | — | — | — | 90 | — | |
| | | | | 0 | — | — | — | — | 90 | — | |
| | | | | 20 | 660 | 1049 | 16 | 51 | 90 | — | |
| | | | | 200 | 624 | 945 | 19 | 53 | 100 | — | |
| | | | | 250 | — | — | — | — | 118 | — | |
| | | | | 300 | 610 | 970 | – | – | 100 | — | |
| | | | | 400 | 590 | 780 | 20 | 70 | 120 | — | |
| | | | | 500 | 470 | 590 | 18 | 73 | 90 | — | |
| | | | | 600 | 280 | 310 | 19 | 75 | 90 | — | |

Состав стали: 0,16% С; 1,48% Мn; 1,57% Ni; 0,60% Мо

| 16ГНМА | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|--|--|--------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| Механические свойства после длительного старения | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | t, °С | τ , ч | | | | | | |
| [5] | Аустенитизация | 900–930 | Скорость 80–100°С/ч | Лист | Исходное состояние | | 710 | 800 | 18 | 64 | 140 | — |
| | Отпуск | 600, 5 ч | Скорость 50°С/ч | | 400 | 4000 | 670 | 825 | 17 | 57 | 90 | — |
| Состав стали: 0,15% С; 1,62% Mn; 1,60% Ni; 0,55% Mo | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | t, °С | τ , ч | | | | | | |
| [5] | Аустенитизация | 900 | Скорость 240°С/ч | Лист | Исходное состояние | | 400 | 551 | 24 | — | 150 | — |
| | Отпуск | 760, 15 ч | С печью | | 450 | 1000 | 370 | 555 | 21 | — | 140 | — |
| | | | | | 450 | 3000 | 290 | 430 | 26 | 62 | 90 | — |
| | | | | | 500 | 3000 | 345 | 500 | 24 | 54 | 110 | — |
| Состав стали: 0,18% С; 0,77% Mn; 1,25% Ni; 0,44% Mo | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | t, °С | τ , ч | | | | | | |
| [5] | Аустенитизация | 930, 2 ч | Скорость 100°С/ч | Лист | Исходное состояние | | — | — | — | — | 143–169 | — |
| | Отпуск | 600, 5 ч | Скорость 50°С/ч | | Наклеп 10% | | — | — | — | — | 102–107 | — |
| | | | | | Наклеп 10% + нагрев 250°С, 2 ч | | — | — | — | — | 88–89 | — |
| | | | | | Наклеп 10% + нагрев 400°С, 2 ч | | — | — | — | — | 98–125 | — |
| Состав стали: 0,16% С; 1,48% Mn; 1,57% Ni; 0,60% Mo | | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | | |
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | | 1/10 ⁵ | | | | | | |
| [5] | 400 | — | — | — | | 250 | | | | | | |
| | 450 | — | 150 | 310 | | 230 | | | | | | |
| | 500 | 140 | 100 | 180 | | 120 | | | | | | |
| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °С | σ_0 , Н/мм ² | время τ , ч, при релаксационной стойкости σ_r , Н/мм ² | | НВ | | | | | | | |
| | | | 10 | | | | | | | | | |
| [5] | 600 | 200 | 100 | | — | | | | | | | |
| | 625 | 200 | 30 | | — | | | | | | | |
| | 650 | 200 | 8 | | — | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 7] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1220–800 | До 400 | Отжиг низкотемпературный с одним переохлаждением | | До 400 | Отжиг низкотемпературный с одним переохлаждением | | | | | | |
| Заготовка | 1220–800 | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 217 НВ и $\sigma_b = 520$ Н/мм ² $K_v = 1,45$ (твердый сплав), $K_v = 1,0$ (быстрорежущая сталь) | | | Мало чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|---|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----|
| 05Г4МНФ | | Поковки — ОСТ 108.958.04–85, ТУ 108.11.819–85. Лист толстый — ТУ 108.11.818–85. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.11.818–85 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Ti | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| ≤ 0,05 | 0,30–0,60 | 3,20–3,70 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 0,90–1,20 | 0,20–0,40 | 0,08–0,15 | ≤ 0,30 | 665 | 804 | — | — | 494 | 321 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.958.04–85 | Отпуск | 620–640 | Печь 30°С/ч | До 350 | Продольные образцы | | | | | | | | | | |
| | | | | | 490 | 680 | 18 | 45 | 49 | — | 207–320 | | | | |
| | Нормализация | 900–940 | Воздух | До 350 | Тангенциальные образцы | | | | | | | | | | |
| | | | | | 490 | 680 | 18 | 45 | 50 | — | 207–320 | | | | |
| | Отпуск | 630–650 | Воздух | До 350 | 530 | 720 | 20 | 45 | 50 | — | 207–320 | | | | |
| ТУ 108.11.818–85 | Состояние поставки | | | До 60 | 500 | 650 | 13 | 30 | 60 | — | — | | | | |
| ТУ 108.11.819–85 | Состояние поставки | | | До 500 | 500 | 650 | 12 | 30 | 50 | — | — | | | | |
| [I] | Отпуск | 620–640 | Печь 30°С/ч | Поковка ø 500 центр | Продольные образцы | | | | | | | | | | |
| | | | | | 575 | 750 | 24,0 | 72,0 | 154 | — | 255 | | | | |
| | Нормализация | 910–930 | Воздух | Поковка ø 500 центр | Продольные образцы | | | | | | | | | | |
| | | | | | 585 | 750 | 24,4 | 73,0 | 179 | — | 255 | | | | |
| | Отпуск | 630–650 | Воздух | Поковка ø 500 периферия | Поперечные образцы | | | | | | | | | | |
| | | | | | 526 | 686 | 24,6 | 63,5 | 150 | — | 245 | | | | |
| | Отпуск | 650, 8 ч | Воздух | Поковка ø 500 периферия | Поперечные образцы | | | | | | | | | | |
| | | | | | 572 | 752 | 25,6 | 66,5 | 179 | — | 245 | | | | |
| | Поковка ø 500 периферия | 650, 8 ч | Воздух | Поковка ø 500 периферия | Продольные образцы | | | | | | | | | | |
| | | | | | 642 | 780 | 22,0 | 74,6 | 226 | — | 235 | | | | |
| | Поковка ø 500 периферия | 650, 8 ч | Воздух | Поковка ø 500 периферия | Продольные образцы | | | | | | | | | | |
| | | | | | 667 | 784 | 24,0 | 75,6 | 231 | — | 235 | | | | |
| | Поковка ø 500 периферия | 650, 8 ч | Воздух | Поковка ø 500 периферия | Поперечные образцы | | | | | | | | | | |
| | | | | | 654 | 767 | 22,0 | 67,5 | 180 | — | 230 | | | | |
| | Поковка ø 500 периферия | 650, 8 ч | Воздух | Поковка ø 500 периферия | Поперечные образцы | | | | | | | | | | |
| | | | | | 662 | 784 | 22,0 | 70,0 | 205 | — | 230 | | | | |
| | Поковка ø 350 центр | 650, 8 ч | Воздух | Поковка ø 350 центр | Продольные образцы | | | | | | | | | | |
| | | | | | 542 | 745 | 26,8 | 71,3 | 230 | — | 229 | | | | |
| | Поковка ø 350 центр | 650, 8 ч | Воздух | Поковка ø 350 центр | Продольные образцы | | | | | | | | | | |
| | | | | | 543 | 765 | 28,2 | 72,2 | 260 | — | 229 | | | | |
| Поковка ø 350 центр | 650, 8 ч | Воздух | Поковка ø 350 центр | Поперечные образцы | | | | | | | | | | | |
| | | | | 525 | 765 | 22,8 | 52,7 | 109 | — | 229 | | | | | |
| Поковка ø 350 центр | 650, 8 ч | Воздух | Поковка ø 350 центр | Поперечные образцы | | | | | | | | | | | |
| | | | | 528 | 771 | 23,6 | 56,3 | 116 | — | 229 | | | | | |
| Поковка ø 200 центр | 650, 8 ч | Воздух | Поковка ø 200 центр | Продольные образцы | | | | | | | | | | | |
| | | | | 543 | 750 | 24,8 | 70,5 | 265 | — | 218 | | | | | |
| Поковка ø 200 центр | 650, 8 ч | Воздух | Поковка ø 200 центр | Продольные образцы | | | | | | | | | | | |
| | | | | 545 | 755 | 26,5 | 71,5 | 273 | — | 218 | | | | | |
| Поковка ø 200 центр | 650, 8 ч | Воздух | Поковка ø 200 центр | Поперечные образцы | | | | | | | | | | | |
| | | | | 515 | 765 | 23,5 | 60,5 | 145 | — | 218 | | | | | |
| Поковка ø 200 центр | 650, 8 ч | Воздух | Поковка ø 200 центр | Поперечные образцы | | | | | | | | | | | |
| | | | | 530 | 770 | 23,5 | 62,5 | 150 | — | 218 | | | | | |

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Среда | Ударная вязкость, КСV, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Диаметр поковки, мм | Термообработка |
|--|----------------------------------|-----------------|---|---|--|------|--------------------|------|--|---------------------|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | - 10 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | |
| 410 | — | 10 ⁷ | Воздух. | 320 | 270 | 185 | 185 | 122 | — | 350 ² | Нормализация 920–940°С, воздух, отпуск 630–650°С, воздух |
| 280 | — | 10 ⁷ | Вода. | 200 | 120 | 95 | 72 | 48 | — | 350 ³ | |
| 265 ¹ | — | 10 ⁷ | Воздух. | 326 | 254 | — | 145 | — | — | 500 ² | ² Продольные образцы. |
| ¹ Надрезанные образцы. | | | | 185 | 85 | — | 70 | — | — | 500 ³ | ³ Поперечные образцы. |
| Технологические характеристики [1, 75] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | | из слитков | | | | из заготовок | | | | |
| | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | |
| Слиток | 1170–850 | | 680 | | Копеж и передача в горячем состоянии на термообработку | | 300 | | Копеж и передача в горячем состоянии на термообработку | | |
| Заготовка | 1150–850 | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 207–320 НВ и $\sigma_b = 720$ Н/мм ² $K_v = 0,7$ (твердый сплав), $K_v = 0,4$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | |
| | | | | | | | | | Мало склонна | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------------|-------------------|-------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------|--|------------------------------|-----------------|-----------------|--|--|
| 09Н2МФА-А | | Поковки — ТУ 24.11.027-91. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 24.11.027-91 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Mn | Si | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb | V | Al | Ti | Ac ₁ ¹ | Ac ₃ ¹ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| 0,05–0,09 | 0,20–0,50 | 0,10–0,30 | ≤ 0,010 | ≤ 0,010 | ≤ 0,25 | 1,95–2,50 | 0,30–0,45 | 0,05–0,10 | 0,05–0,10 | 0,01–0,03 | 0,003–0,010 | 690–710 | 820–840 | — | — | | |
| | | | | | | | | | | | | ¹ Интервал ± 10°С включает критические точки стали с химсоставами по верхнему и нижнему пределам легирования. | | | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 24.11.027-91 | Состояние поставки | | | До 500 | 20 | 200–390 | 390–590 | 22 | 60 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | – 50 | — | — | — | — | 29 ² | — | — | | | | | |
| | | | | | – 50 | — | — | — | — | 39 ³ | — | — | | | | | |
| ² KCV при пределе текучести до 304 Н/мм ² включительно (20°С). | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ³ KCV при пределе текучести свыше 304 Н/мм ² (20°С). | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | |
| [П] | Закалка | 910–930 | Вода | 340 | Поковка | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 650–660 | Воздух | | Образцы вырезаны вдоль направления деформации | | | | | | | | | | | | |
| | 1-й доотпуск | 610–630 | Воздух | | Подприбыльная часть (1/6 толщины поковки) | | | | | | | | | | | | |
| | | (30 ч) | | | 360 | 490 | 32 | 79 | 238 | | | | | | | | |
| | 2-й доотпуск | 640–660 | Воздух | | Подприбыльная часть (1/3 толщины поковки) | | | | | | | | | | | | |
| | | (30 ч) | | | 370 | 490 | 31 | 79 | 277 | | | | | | | | |
| | Подприбыльная часть (1/2 толщины поковки) | | | | | | | 350 | 480 | 32 | 79 | | | 255 | | | |
| | Подприбыльная часть (1/2 толщины поковки) | | | | | | | 350 | 480 | 32 | 81 | | | 271 | | | |
| | Подприбыльная часть (2/3 толщины поковки) | | | | | | | 360 | 490 | 34 | 78 | | | 260 | | | |
| | Подприбыльная часть (2/3 толщины поковки) | | | | | | | 350 | 485 | 31 | 81 | | | 233 | | | |
| | Подприбыльная часть (5/6 толщины поковки) | | | | | | | 360 | 490 | 32 | 81 | | | 154 | | | |
| | Подприбыльная часть (5/6 толщины поковки) | | | | | | | 350 | 495 | 33 | 80 | | | 220 | | | |
| | Донная часть (1/6 толщины поковки) | | | | | | | 375 | 490 | 32 | 81 | | | 247 | | | |
| | Донная часть (1/6 толщины поковки) | | | | | | | 380 | 495 | 30 | 80 | | | 277 | | | |
| | Донная часть (1/3 толщины поковки) | | | | | | | 350 | 485 | 33 | 80 | | | | | | |
| | Донная часть (1/3 толщины поковки) | | | | | | | 355 | 490 | 33 | 80 | | | 271 | | | |
| | Донная часть (1/2 толщины поковки) | | | | | | | 340 | 490 | 31 | 79 | | | 268 | | | |
| | Донная часть (1/2 толщины поковки) | | | | | | | 365 | 490 | 35 | 81 | | | 268 | | | |
| | Донная часть (2/3 толщины поковки) | | | | | | | 360 | 490 | 30 | 80 | | | 266 | | | |
| | Донная часть (2/3 толщины поковки) | | | | | | | 365 | 490 | 35 | 80 | | | 245 | | | |
| | Донная часть (5/6 толщины поковки) | | | | | | | 375 | 495 | 31 | 79 | | | 233 | | | |
| | Донная часть (5/6 толщины поковки) | | | | | | | 375 | 500 | 33 | 78 | | | 294 | | | |

| 09Н2МФБА-А | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|--|--------------------|------|--------------------|---|---------------------|----------------|---|------|
| Назначение. Детали транспортных контейнеров для перевозки отработанного ядерного топлива, используемых при температурах до минус 50°C, а также конструкций, работающих в условиях Сибири и Крайнего Севера. | | | | | | | | | | | |
| Место вырезки и направление | | Ударная вязкость, КСV, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | | T _к , °C | Термообработка | | |
| | | - 20 | - 40 | - 50 | - 60 | - 70 | - 80 | | | | - 90 |
| Поковка. | | | | | | | | | | Закалка 910°C, отпуск 650°C, дополнительный отпуск 610–630°C, 5 ч + отпуск 640–660°C, 10 ч | |
| Подприбыльная часть. | | 375 | 375 | 338 | 314 | 310 | 40 | 12 | - 70 | | |
| Продольное с глубины ≥ 1/3 толщины плиты | | | | | | | | | | | |
| Поковка. | | | | | | | | | | Закалка 910°C, отпуск 650°C, дополнительный отпуск 610–630°C, 5 ч + отпуск 640–660°C, 10 ч | |
| Донная часть. | | 375 | 299 | 301 | 284 | 239 | 28 | 10 | - 80 | | |
| Продольное с глубины ≥ 1/3 толщины плиты | | | | | | | | | | | |
| Поковка. | | | | | | | | | | Закалка 910°C, отпуск 650°C, дополнительный отпуск 620°C + отпуск 650°C | |
| Подприбыльная часть. | | 363 | 365 | 366 | 332 | 331 | 316 | 15 | - 80 | | |
| Продольное с глубины ≥ 1/4 толщины плиты | | | | | | | | | | | |
| Поковка. | | | | | | | | | | Закалка 910°C, отпуск 650°C, дополнительный отпуск 620°C + отпуск 650°C | |
| Донная часть. | | 348 | 353 | 316 | — | 310 | — | 310 | - 90 | | |
| Продольное с глубины ≥ 1/4 толщины плиты | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1220–800 | — | | Замедленное | | — | | — | | | |
| Заготовка | — | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | | В состоянии поставки при $\sigma_b = 590 \text{ Н/мм}^2$ $K_v = 0,98$ (твердый сплав), $K_v = 0,65$ (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Мало склонна | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|--|---------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-------------|---------|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| Марка стали 10ГН2МФА, 10ГН2МФА-ВД, 10ГН2МФА-Ш | | Вид поставки Поковки — ТУ 0893-014-00212179-2004 (взамен ТУ 108.766-86). Лист — ТУ 0893-014-00212179-2004 (взамен ТУ 108.766-86), ТУ 108.11.906-87, ТУ 108.1132-82. Трубы — ТУ 108.1197-83 (взамен ТУ 975Е004511, ред. 5). | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 0893-014-00212179-2004 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Al | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,08-0,12 | 0,17-0,37 | 0,80-1,10 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,30 | 1,80-2,30 | 0,40-0,70 | 0,03-0,07 | 0,005-0,035 | ≤ 0,015 | ≤ 0,30 | 680 | 800 | — | — | 400 |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---------------------|----|--|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | T _к , °С | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 0893-014-00212179-2004 | Поковки и листы из стали 10ГН2МФА | | | 300 | 345 | 539 | 16 | 55 | 39 | ≤ +15 | — | |
| | Закалка | 890-960 | Вода | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 630-680 | Воздух | 300 | 345 | 539 | 18 | 60 | 60 | ≤ -10 | — | |
| | Поковки из стали 10ГН2МФА-ВД, 10ГН2МФА-Ш | | | | | | | | | | | |
| Закалка | 890-960 | Вода | 300 | 345 | 539 | 18 | 60 | 60 | ≤ -10 | — | | |
| Отпуск | 630-680 | Воздух | | | | | | | | | | |

| Трубы бесшовные лакированные | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|---------|---------|--------|-----------|-----------|--------|--------|--|-------------|--|
| Химический состав основного металла готовых труб | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.1197-83 | | | | | | | | | | | Марка стали | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | | | |
| 0,08-0,12 | 0,17-0,37 | 0,70-0,90 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,30 | 1,70-2,00 | 0,40-0,60 | ≤ 0,04 | ≤ 0,30 | | 10ГН2МФА | |

| Механические свойства основного металла труб | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------|-------------------|-----------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | T _к , °С | % вязкой составляющей |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.1197-83 | Трубы поставляются в термически обработанном состоянии: до наплавки — нормализация, закалка и отпуск после наплавки — отпуск | | | 351×279×36 ℓ 3500 | 20 | 343-490 | 539-637 | 16 | 55 | — | ≤ -10 | 50 |
| | | | | 426×346×40 ℓ 3800 | 350 | 294 | 490 | 14 | 50 | — | — | |
| | | | | 990×850×70 ℓ 8400 | -10 | — | — | — | — | 39 ¹ 49 ² | — | — |
| | | | | 1130×990×70 ℓ 8400 | 20 | — | — | — | — | 59 ¹ 74 ² | — | — |

¹ Значение KCV при σ_{0,2} = 343-402 Н/мм².

² Значение KCV при σ_{0,2} = 402-490 Н/мм².

Примечания.

1. Толщина лакирующего слоя для всех труб 5 мм.

2. Количество неметаллических включений не должно превышать следующих норм:

по сульфидам — 3,0 балла;

по силикатам — 3,0 балла;

по недеформированным силикатам (глобулярным включениям) — 3,0 балла.

3. Величина зерна металла труб в состоянии поставки должна быть не крупнее балла 4.

4. Механические свойства основного металла труб должны удовлетворять требованиям, приведенным в таблице выше.

| Трубы бесшовные лакированные | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|-----------|--------|--------|-------------|------------|--------|-----------|--------|--------|-------------|--|
| Химический состав лакирующего слоя | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.1197-83 | | | | | | | | | | | Марка стали | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Nb | Co | N | | |
| ≤ 0,05 | ≤ 1,00 | 1,50-2,50 | ≤ 0,02 | ≤ 0,03 | 17,50-20,50 | 8,50-11,00 | ≤ 0,30 | 0,70-1,00 | ≤ 0,05 | ≤ 0,05 | 04X20Н10Г2Б | |

| 10ГН2МФА, 10ГН2МФА-ВД, 10ГН2МФА-Ш | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------|-------------------|-----------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------------------|----|
| Механические свойства металла плакирующего слоя (наплавленного металла) | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | T _к , °С | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.1197-83 | Отпуск после наплавки | | | 351×279×36 ℓ 3500 | 20 | 265 | 490 | 16 | 30 | — | ≤ -10 | — |
| | | | | 426×346×40 ℓ 3800 | | | | | | | | |
| | | | | 990×850×70 ℓ 8400 | 350 | 176 | 353 | 10 | 30 | — | — | — |
| | | | | 1130×990×70 ℓ 8400 | | | | | | | | |

Примечания.

- Толщина плакирующего слоя для всех труб 5 мм.
- Содержание ферритной фазы в металле плакирующего слоя в исходном состоянии до термообработки должно быть 2–6%.
- Количество неметаллических включений не должно превышать следующих норм:
по сульфидам — 2,0 балла,
по оксидам и силикатам — 3,0 балла,
по нитридам и карбонитридам — 3,5 балла.
- Металл плакирующего слоя должен выдерживать испытание на стойкость против межкристаллитной коррозии.
- Механические свойства металла плакирующего (наплавленного) слоя в состоянии после термообработки должны удовлетворять требованиям, приведенным в таблице выше.

Назначение. Коллекторы, парогенераторы, компенсаторы давления, трубопроводы Ду 850 и другое оборудование для АЭС.
Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°С (ПНАЭГ-7-008-89).

Механические свойства стали 10ГН2МФА в исходном состоянии, определенные на стандартных образцах и микрообразцах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Толщина h или диаметр d образца, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % |
|-------------------|--|-------|-------------------|--|-------------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| [26, 27] | Трубопровод Ду 850. Сталь 10ГН2МФА в исходном состоянии. В качестве исходного металла использовали плакированную катушку, полученную с ОП ЗАЭС | | | ϕ _н 990 ϕ _{вн} 850 толщина стенки 70 | h = 1 ¹ | 20 | 430 | 575 | 28,0 | 69 |
| | | | | | | 350 | 400 | 500 | 21,0 | 64 |
| | | | | | h = 2 ¹ | 20 | 440 | 580 | 26,5 | 72 |
| | | | | | | 350 | 390 | 525 | 21,5 | 71 |
| | | | | | h = 3 ¹ | 20 | 435 | 595 | 28,5 | 72 |
| | | | | | | 350 | 385 | 525 | 20,5 | 71 |
| | | | | | d = 4 ² | 20 | 440 | 590 | 28,0 | 77 |
| | | | | | | 350 | — | — | — | — |
| | | | | | ПНАЭГ-7-002-86 ³ | 20 | 350 | 550 | 16 | 55 |
| | | | | | | 350 | 300 | 500 | 14 | 50 |
| | | | | | ТУ 975Е004511 ред. 5 ³ | 20 | 350-500 | 550-650 | ≥ 16 | ≥ 55 |
| | | | | | | 350 | ≥ 300 | ≥ 500 | ≥ 14 | ≥ 55 |
| Δ, % ⁴ | 20 | 2 | 2,5 | 6 | 10 | | | | | |
| | 350 | 2 | 5 | 7,5 | 10 | | | | | |

¹ Приведены средние значения характеристик по результатам испытаний 3 образцов.

² Приведены средние значения характеристик по результатам испытаний 15 образцов.

³ Данные научно-технической документации.

⁴ Максимальное различие свойств, полученных на микрообразцах (h = 1 и h = 2 мм) и стандартных образцах (h = 3 мм или d = 4 мм) по ГОСТ 1497-84.

Ударная вязкость стали 10ГН2МФА в исходном состоянии

| НД | Тип образца (по ГОСТ 9454-78) | Длина образца, мм | Ширина образца, мм | Высота образца, мм | Высота рабочего сечения, мм | KCV, Дж/см ² |
|----------|-------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | | L | B | H | H ₂ | |
| [26, 27] | И1 | 55 | 10 ± 0,1 | 10 | 8 ± 0,05 | 27,0 |
| | И3 | 55 | 5 ± 0,05 | 10 | 8 ± 0,05 | 23,0 |
| | И4 | 55 | 2 ± 0,05 | 8 | 6 ± 0,05 | 12,0 |
| | Микрообразец | 55 | 1 ± 0,05 | 8 | 6 ± 0,05 | 9,0 |

Все образцы имели V-образный надрез (R_н = 0,25 ± 0,025 мм).

10ГН2МФА, 10ГН2МФА-ВД, 10ГН2МФА-Ш

Изменение механических свойств стали в процессе эксплуатации

| НД | Материал | Сравниваемые данные | Название АЭС | t, °С | $\sigma_{0,2}$ | σ_b | δ | ψ |
|------------------|--|---------------------|--------------|-------|----------------------|------------|----------|--------|
| [26] | Сталь 10ГН2МФА, отработавшая в главных циркуляционных трубопроводах (ГЦТ) энергоблоков после 100 тыс. ч эксплуатации | Паспорт стали | ЮУ-1 | 20 | Изменение свойств, % | | | |
| | | | | 350 | +10,3 | +5,8 | -7,1 | -1,2 |
| | | | ЮУ-2 | 20 | +13,9 | +3 | -3,4 | -2,1 |
| | | | | 350 | +4,4 | +2 | -3,7 | 0 |
| | | | ЗАЭС-1 | 20 | +6,6 | +1 | -13 | -6,6 |
| | | | | 350 | +15,2 | +1,5 | -20,4 | 0 |
| | | Средние значения | 20 | +10,3 | +3,3 | -7,8 | -3,3 | |
| | | | 350 | +15,4 | +3,3 | -11,7 | 0 | |
| | | Исходный металл | ЮУ-1 | 20 | +5 | +3 | -2,2 | -0,4 |
| | | | | 350 | +3,6 | +5,9 | -15,4 | +1,4 |
| | | | ЮУ-2 | 20 | +13,6 | +3 | -8 | -1,9 |
| | | | | 350 | +2,5 | +1 | -21 | -2,8 |
| ЗАЭС-1 | 20 | +10,2 | 0 | -16 | -5,3 | | | |
| | 350 | +16,7 | +4 | -7 | -1 | | | |
| Средние значения | 20 | +10,3 | +2 | -8,7 | -2,5 | | | |
| | 350 | +7,6 | +3,6 | -12,8 | -0,8 | | | |

Ударная вязкость KCV, Дж/см², стали 10ГН2МФА после 100000 ч эксплуатации

| НД | Тип образца | Изделие, из которого вырезаны образцы | | | |
|------|-------------------------|---------------------------------------|--|--|--|
| | | Исходная катушка ГЦТ ¹ | ГЦТ блока № 1 ЮУ АЭС ² (после эксплуатации) | ГЦТ блока № 2 ЮУ АЭС ³ (после эксплуатации) | ГЦТ блока № 1 ЗАЭС ⁴ (после эксплуатации) |
| [26] | П1 (В = 10 мм) | 271 | 216 | 242 ⁵ | 251 ⁵ |
| | И3 (В = 5 мм) | 232 | — | — | — |
| | И4 (В = 2 мм) | 12 | 96 | 108 | 11 |
| | Микрообразец (В = 1 мм) | 87 | — | — | — |

¹ По ТУ 975Е004511 (ред. 5) для образцов типа П1 KCV ≥ 48 Дж/см².

² По паспорту KCV = 210 Дж/см² (без изменения KCV).

³ По паспорту KCV = 283 Дж/см² (снижение KCV на 14,5%).

⁴ По паспорту KCV = 285 Дж/см² (снижение KCV на 11,9%).

⁵ Результаты расчетов по корреляционным соотношениям, остальные значения экспериментальные.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Термообработка | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | Термообработка |
|--|-------------|---|---|-------|-------|------------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | - 20 | - 40 | - 60 | |
| 338 | — | Мягкое нагружение, изгиб с вращением, база 10 ⁷ циклов | 20-80 | 14-49 | 12-46 | Закалка и отпуск |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | — | — | — | 300 | С печью |
| Заготовка | 1220-850 | — | — | — | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|----------------------------------|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | В термически обработанном состоянии при ≤ 197 НВ и $\sigma_b = 539$ Н/мм ² K _v = 1,4 (твердый сплав), K _v = 0,9 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-------------------------------------|---------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
| 20НЗДМА | | Поковки — ТУ 5.961–11563–94. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 5.961–11563–94 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,16–0,23 | 0,20–0,40 | 0,50–0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | ≤ 0,40 | 2,50–4,00 | 0,25–0,65 | 0,60–1,25 | 680–690 | 765–780 | 360–375 | 500–510 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 5.961–11563–94 | Закалка | 900 | Вода | 250 | 980 | 1080 | 48 | 12 | 60 | — | 330–388 |
| | Отпуск | 500 | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 580 | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 620 | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 640 | Воздух | | | | | | | | |

Назначение. Высоконагруженные коррозионно-стойкие детали судостроения, общего и тяжелого машиностроения, нефтегазодобывающей и других отраслей промышленности, используемые при температурах до минус 50°С.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка | |
|--|---|----------------|---|-----------------|------|---|------|------|----------------|-----------------------------|
| | | | σ ₋₁ | τ ₋₁ | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | | – 60 |
| — | — | — | 50 | — | — | — | — | — | — | Закалка + отпуск при 500°С. |
| — | — | — | 98 | — | — | — | 90 | — | — | Закалка + отпуск при 580°С. |
| — | — | — | 118 | — | — | — | 98 | — | — | Закалка + отпуск при 620°С. |
| — | — | — | 127 | — | — | — | 118 | — | — | Закалка + отпуск при 640°С. |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–800 | — | Замедленное | — | — |
| Заготовка | | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокочувствительность |
|--|---|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и ЭЛ | При 225 HB K _v = 0,98 (твердый сплав), K _v = 0,65 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Мало склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|-------------------------------|---------------------------|---|------------------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-----|--|
| 13Н5А | | Лист тонкий — ТУ 14-1-920-74. Прутки — ТУ НЗЛ. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-920-74 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | |
| 0,10–0,17 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | ≤ 0,30 | 4,50–5,00 | — | — | 610 | 765 | — | — | 350 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | σ _{ср} , Н/мм ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ТУ 14-1-920-74 | Закалка в штампах | 950–980 | Воздух | 2–3,9 | — | 490 | δ ₅ 18 | — | — | — | 217–225 | | | |
| | Отпуск | 570–590 | | | | | | | | | | | | |
| ТУ НЗЛ | Отжиг | 820–840 | С печью, в ящиках, на воздухе | 4–10 | 372 | 588 | 24 | 60 | — | ≥ 441 | ≤ 217 | | | |
| Назначение. Штампованные заготовки лопаток компрессорных машин и штампованные заклепки. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | — | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | — | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1150–800 | | | Замедленное | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обработываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | | — | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|---|--|-------------------|-------------------------------------|---|------------------------------------|-------------------|--|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 12МХ | | Трубы — ГОСТ 550–75. Сортовой прокат — ГОСТ 20072–74. Листы — ТУ 14–1–642–73, ТУ 108.1263–84. Поковки — ТУ 108.17.1050–78. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 20072–74 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С [1] | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,09–0,16 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 0,40–0,70 | ≤ 0,30 | 0,40–0,60 | ≤ 0,30 | 723 | 885 | 715 | 803 |
| Сталь, полученная методом электрошлакового переплава, дополнительно обозначается через тире в конце наименования марки буквой «Ш». | | | | | | | | | | | | |
| Содержание Cu не должно превышать 0,20%; при выплавке скрап-процессом допускается содержание Cu до 0,30%. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля S в стали, выплавленной методом ЭШП, должна быть не более 0,015%. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 550–75 | Горячедеформированные трубы в термически обработанном состоянии | | | φ 19–219 s 1,5–25 | 245 | 412 | 21 | 45 | 69 | — | ≤ 156 | |
| 1. Трубы должны выдерживать испытание гидравлическим давлением P, Н/мм ² , величину которого вычисляют по формулам P = 2·s·R/D _{вн} , P = 200·s·R/D _{вн} , но не более 30 Н/мм ² , где s — минимальная, с учетом минусового допуска, толщина стенки трубы, мм; D _{вн} — внутренний диаметр трубы, мм; R — допускаемое напряжение, равное 40% σ _в , Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | |
| 2. Трубы группы А диаметром не более 159 мм со стенкой толщиной не более 8 мм должна выдержать испытание на раздачу без появления трещин и надрывов на оправке с конусностью не менее 6°(1/10) для увеличения наружного диаметра трубы до 6% для толщины стенки до 4 мм. | | | | | | | | | | | | |
| 3. По требованию потребителя трубы должны выдерживать испытание на сплющивание до получения между сплющиваемыми поверхностями расстояния (Н) в мм, вычисленного по формуле Н = (1+a)·s/(a+s/D _н), где s — номинальная толщина стенки, мм; D _н — номинальный наружный диаметр, мм; а — деформация на единицу длины, равная 0,08. | | | | | | | | | | | | |
| 4. По требованию потребителя трубы подвергаются дефектоскопии неразрушающими методами. | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 20072–74 | Нормализация | 910–930 | Воздух | До 90 | 235 | 410 | 21 | 45 | 59 | — | ≤ 217 | |
| | | | | От 91 до 150 | 235 | 410 | 19 | 40 | 53 | — | ≤ 217 | |
| | | | | От 151 и выше | 235 | 410 | 18 | 35 | 50 | — | ≤ 217 | |
| Указана твердость горячекатаной и кованой отожженной, отпущенной или нормализованной с высоким отпуском стали. Обязательные испытания: σ _{0,2} , σ _в , δ, ψ, KCU, HB, дефектоскопия. | | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести стали, применяемой для длительных сроков службы под напряжением | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | |
| ГОСТ 20072–74 | Нормализация | 920 | Воздух | 480 | 245 | 196 | 216 | 147 | | | | |
| | | | | Отпуск | 680–690 | Воздух | 510 | 157 | 118 | — | 69 | |
| | | | | 540 | 108 | 69 | — | 34 | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _т , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HB | Изгиб | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14–1–642–73 | Листы в термически обработанном состоянии | | | От 4 до 160 | 235 | 431 | 24 | — | 60 | — | d=2a | |
| Сталь, применяемая для изготовления котлов, пароперегревателей, трубопроводов пара и горячей воды, работающих под давлением | | | | | | | | | | | | |
| НД | Предельные параметры | | | Обязательные механические испытания | | | | | Контроль | | | |
| | S, мм | P, Н/мм ² | t, °С | σ _т , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, KCV, Дж/см ² | на изгиб | макро-структуры | дефектоскопия | |
| ТУ 14–1–642–73 | не ограничено | не ограничено | 530 | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| Химический состав по ГОСТ 20072–74. | | | | | | | | | | | | |
| Нормируемые показатели и объем контроля листов должны соответствовать указанным в НТД. Категория качества и дополнительные виды испытаний, предусмотренные в НТД, выбираются конструкторской организацией. | | | | | | | | | | | | |
| УЗК подвергаются листы толщиной более 20 мм, предназначенные для деталей котлов при рабочем давлении более 6,4 Н/мм ² , а также листы толщиной более 60 мм. | | | | | | | | | | | | |
| С обязательным выполнением УЗК (Примечание 15 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | | |
| Внутренние дефекты проверяются методом УЗК по ГОСТ 22727–88. | | | | | | | | | | | | |

| 12MX | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------|---|-------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.17.1050-78 | Отжиг | | | До 300 | Не определяются | | | | | ≤ 179 | — |
| | Нормализация Отпуск | ПС | | До 300 | 235 | 412 | 22 | 50 | 69 | 143-163 | 235 |

Образцы продольные.

Сдаточными характеристиками являются предел текучести, относительное сужение и ударная вязкость (для поковок IV и V групп), твердость (для поковок III группы).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | КП |
|--|--|---------|--------------------|-------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.1263-84 | Закалка | 900-950 | Вода | От 20 до 39 вкл. | 235 | 440 | 19 | 35 | 49 | d=2a | 235А |
| | Отпуск | 600-680 | Воздух | | | | | | | | |
| | Нормализация | 900-950 | Воздух | От 40 до 60 вкл. | 235 | 390 | 19 | 35 | 49 | d=2a | 235Б |
| | Отпуск | 600-680 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка или закалка с прокатного нагрева | 900-950 | Вода | От 40 до 60 вкл. | 235 | 440 | 19 | 35 | 49 | d=2a | 235А |
| | Отпуск | 600-680 | Воздух | | | | | | | | |
| | Нормализация | 900-950 | Воздух | От 60 до 130 вкл. | 235 | 440 | 18 | 32 | 49 | d=2a | 235Б |
| | Отпуск | 600-680 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка или закалка с прокатного нагрева | 900-950 | Вода | От 60 до 130 вкл. | 235 | 440 | 18 | 32 | 49 | d=2a | 235 |
| | Отпуск | 600-680 | Воздух | | | | | | | | |
| Нормализация | 900-950 | Воздух | От 40 до 130 вкл. | 340 | 490 | 20 | 50 | 78 | d=2a | 340 | |
| Отпуск | 600-680 | Воздух | | | | | | | | | |
| Закалка или закалка с прокатного нагрева | 900-950 | Вода | От 130 до 160 вкл. | 215 | 390 | 18 | 32 | 49 | d=2a | 215 | |
| Отпуск | 600-680 | Воздух | | | | | | | | | |
| Нормализация | 900-950 | Воздух | От 130 до 160 вкл. | 195 | 340 | 18 | 32 | 49 | d=2a | 195 | |
| Отпуск | 600-680 | Воздух | | | | | | | | | |
| Закалка с прокатного нагрева | 900-950 | Вода | От 130 до 160 вкл. | 295 | 440 | 20 | 50 | 78 | d=2a | 295 | |
| Отпуск | 600-680 | Воздух | | | | | | | | | |

Испытания на поперечных образцах.

Для листов толщиной от 130 до 160 мм включительно значения механических свойств не являются сдаточными, но заносятся в сертификат. Сдаточные значения механических свойств устанавливаются после изготовления 100 т листов толщиной от 130 до 160 мм включительно.

С обязательным выполнением УЗК (Примечание 15 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

Назначение. Трубы пароперегревателей, трубопроводов и коллекторных установок высокого давления, детали цилиндров газовых турбин, поковок для паровых котлов и паропроводов.

Трубы подвергаются контролю гидравлическим давлением, испытанию на сплющивание, раздачу и МКК.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [51] | Требования ЧМТУ | | | — | 20 | 285-410 | 420 | 19 | 46 | — | — |
| | Прямой участок, гиб в районе трещины | | | — | 20 | 233-263 | 424-425 | 24-28 | 55-64 | — | — |
| | Исходное состояние | | | — | 535 | 165-166 | 236-250 | 28-31 | 64-80 | — | — |
| | Исходное состояние | | | — | 550 | 225 | 365 | 22 | 64 | — | — |

| 12MX | | Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|--|--|--|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [1, 2, 4] | Нормализация Отпуск | 920 680–690 | Воздух Воздух | Труба ø 273 толщина стенки 28 | 20 20 300 400 450 500 550 600 | не менее | | | | | | — |
| | | | | | | Поперечные образцы | | | | | | |
| | | | | | | 289 | 463 | 28 | 46 | 142 | — | |
| | | | | | | Продольные образцы | | | | | | |
| | | | | | | 278 | 446 | 32 | 67 | 189 | — | |
| | | | | | | 286 | 474 | 20 | 57 | 156 | — | |
| | | | | | | 252 | 449 | 23 | 62 | 178 | — | |
| | | | | | | 253 | 428 | 22 | 60 | 97 | — | |
| 235 | 397 | 22 | 62 | 94 | — | | | | | | | |
| 220 | 357 | 22 | 64 | 77 | — | | | | | | | |
| 220 | 305 | 26 | 64 | 142 | — | | | | | | | |
| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | σ_t , Н/мм ² , за время t, ч | | НВ | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 1000 | 10000 | | | | | |
| [1, 2] | ПС | | | 450 | 200 | 124 | | 111 | — | | | |
| | | | | 450 | 260 | 160 | | 130 | — | | | |
| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | | |
| НД | Состояние | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | | | |
| | | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ | 3·10 ⁵ | | | | | | |
| [51] | Исходное состояние | 510 | 160 | 110 | 96 | 90 | | | | | | |
| | После эксплуатации | 510 | 110 | 100 | 96 | 90 | | | | | | |
| | Исходное состояние | 535 (540 ¹) | 110 | 75 | 70 | 66 | | | | | | |
| | После эксплуатации | 535 (540 ¹) | 78 | 62 | — | — | | | | | | |
| ¹ Металл в исходном состоянии. | | | | | | | | | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1, 4] | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | | | | |
| Исходное состояние | | | Окалиностойкая до 500–550°C Температура интенсивного окисления 570°C | | | | | | | | | |
| 2000 | 480 | 181 | | | | | | | | | | |
| 2000 | 540 | 176 | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости или скорость коррозии, г/м ² | | | | | | | |
| Общая [1] | Вода деминерализованная | | 300 | 1000 | 1–2 | | | | | | | |
| Точечная [1] | Вода деминерализованная | | 300 | 1000 | Подвержена | | | | | | | |
| Равномерная [2] | Перегретый пар С ^л — следы О ₂ — до 0,1 мг/л (котловая вода — бидистиллят) | | 500 | 50 | 28,09 | | | | | | | |
| | | | 500 | 500 | 69,10 | | | | | | | |
| | | | 500 | 1000 | 85,00 | | | | | | | |
| | | | 500 | 2000 | 105,00 | | | | | | | |
| | | | 500 | 3000 | 123,00 | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | — | | — | — | — | | | | | | | |
| Межкристаллитная | — | | — | — | — | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Ковка [1] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1260–800 | До 200 | В ящике или отжиг низкотемпературный. | До 200 | На воздухе | | | | | | | |
| Заготовка | 1260–750 | 201–700 | | Отжиг низкотемпературный | 201–700 | Отжиг низкотемпературный | | | | | | |
| Свариваемость [1] | | Обрабатываемость резанием [1] | | Флокеночувствительность [4] | | | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 138 НВ и $\sigma_b = 470$ Н/мм ² K _v = 1,6 (твердый сплав), K _v = 1,4 (быстрорежущая сталь) | | Чувствительна | | | | | | | | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости [4] | | | | | | | | |
| | | | | Не склонна | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|-------------------|------------------|---|------------------------------------|-------------------|--|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|--|
| 12ХМ | | Лист — ГОСТ 5520–79, ТУ 14–1–642–73, ТУ 108.1263–84. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5520–79 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С [3] | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| ≤ 0,16 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | 0,40–0,55 | ≤ 0,20 | 720 | 880 | 695 | 790 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | |
| ГОСТ 5520–79 | Горячекатаный лист | | | Толщина | | | | | | | | | |
| | | | | До 5 | 245 | 430–550 | 22 | — | — | d=2a | — | | |
| | Нормализация | 910–930 | Воздух | От 5 до 50 | 245 | 430–550 | 22 | — | 59 | d=2a | — | | |
| | Отпуск | 670–690 | Воздух | От 51 до 100 | 235 | 430 | 20 | — | 49 | d=2,5a | — | | |
| | | | | От 101 до 160 | 225 | 420 | 18 | — | 39 | d=3a | — | | |
| 16 и 18 категории с обязательным выполнением УЗК по п. 5.18 (Примечание 8 ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Предел текучести стали при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | |
| | t, °С | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | | | | | |
| ГОСТ 5520–79 | σ _{0,2} , Н/мм ² | — | 225 | 216 | 206 | 196 | 186 | — | | | | | |
| | | 265 ¹ | 255 ¹ | 245 ¹ | 225 ¹ | 206 ¹ | — | 162 ¹ | | | | | |
| ¹ Применяются в договорно-правовых отношениях. | | | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести стали при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | |
| ГОСТ 5520–79 | ПС | | | 450 | 333 | 265 | 240 | 235 | 192 | | | | |
| | | | | 460 | 317 | 247 | 223 | 224 | 178 | | | | |
| | | | | 470 | 298 | 228 | 205 | 212 | 163 | | | | |
| | | | | 480 | 278 | 208 | 186 | 198 | 146 | | | | |
| | | | | 490 | 257 | 187 | 167 | 183 | 129 | | | | |
| | | | | 500 | 233 | 167 | 146 | 167 | 113 | | | | |
| | | | | 510 | 208 | 140 | 120 | 145 | 94 | | | | |
| | | | | 520 | 179 | 112 | 94 | 122 | 78 | | | | |
| | | | | 530 | 150 | 86 | 71 | 102 | 64 | | | | |
| | | | | 540 | 126 | 66 | 52 | 84 | 50 | | | | |
| | | | | 550 | 103 | 49 | 37 | 69 | 38 | | | | |
| (560) | 85 | 38 | 27 | 58 | 29 | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Указанные значения являются средними. | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Значения температуры в скобках показывают, что сталь при этой температуре нельзя применять в условиях длительной нагрузки. | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ТУ 14–1–642–73 | Горячекатаный лист | | | От 4 до 60 | 235 | 441 | 24 | — | 59 | d=2a | — | | |
| | Термически обработанное состояние | | | | | | | | | | | | |
| С обязательным выполнением УЗК (Примечание 15 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | | | |

| 12ХМ | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | |
|---|---|---|------------------------|-----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|-----|----------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ТУ 108. 1263–84 | Закалка | 900–950 | Вода | От 20 до 39 | 235 | 440 | 19 | 35 | 49 | — | 235 | |
| | Отпуск | 600–680 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 900–950 | Воздух | От 20 до 39 | 235 | 390 | 19 | 35 | 49 | — | 235 | |
| | Отпуск | 600–680 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Закалка или закалка с прокатного нагрева | 900–950 | Вода | От 40 до 60 | 235 | 440 | 19 | 35 | 49 | — | 235 | |
| | Отпуск | 600–680 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 900–950 | Воздух | От 40 до 60 | 235 | 390 | 19 | 35 | 49 | — | 235 | |
| | Отпуск | 600–680 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Закалка или закалка с прокатного нагрева | 900–950 | Вода | От 60 до 130 | 235 | 440 | 18 | 32 | 49 | — | 235 | |
| | Отпуск | 600–680 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 900–950 | Воздух | От 60 до 130 | 215 | 390 | 18 | 32 | 49 | — | 215 | |
| | Отпуск | 600–680 | Воздух | | | | | | | | | |
| Закалка с прокатного нагрева | 900–950 | Вода | От 40 до 130 | 340 | 490 | 20 | 50 | 78 | — | 340 | | |
| Отпуск | 600–680 | Воздух | | | | | | | | | | |
| Закалка или закалка с прокатного нагрева | 900–950 | Вода | Свыше 130 до 160 | 215 | 390 | 18 | 32 | 49 | — | 215 | | |
| Отпуск | 600–680 | Воздух | | | | | | | | | | |
| Нормализация | 900–950 | Воздух | Свыше 130 до 160 | 195 | 340 | 18 | 32 | 49 | — | 195 | | |
| Отпуск | 600–680 | Воздух | | | | | | | | | | |
| Закалка с прокатного нагрева | 900–950 | Вода | Свыше 130 до 160 | 295 | 440 | 20 | 50 | 78 | — | — | | |
| Отпуск | 600–680 | Воздух | | | | | | | | | | |

Для листов толщиной свыше 130 мм до 160 мм включительно значения механических свойств не являются сдаточными, но заносятся в сертификат.

С обязательным выполнением УЗК (Примечание 15 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

Назначение. Трубы пароперегревателей, трубопроводов и коллекторов установок высокого давления и детали из листа, работающие при температуре до плюс 530°С, корпуса, днища и другие детали, работающие при температуре от минус 40 до плюс 540°С под давлением.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°С (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь теплоустойчивая, ферритно-перлитного класса.

| 12XM | | Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | |
|------|----------------------|--|-------------------|-------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | ПС | | | Труба ø 273×28 | 0 | Образцы продольные | | | | | | — |
| | | | | | | — | — | — | — | 176 | | |
| | | | | | | 284 | 455 | 31,5 | 66,5 | 193 | | |
| | | | | | | 268 | 430 | 24,3 | 62,7 | 200 | | |
| | | | | | | 254 | 458 | 20,3 | 62,0 | 188 | | |
| | | | | | | 292 | 483 | 20,3 | 57,4 | 160 | | |
| | | | | | | 257 | 458 | 23,0 | 62,0 | 182 | | |
| | | | | | | 258 | 437 | 21,6 | 60,3 | 99 | | |
| | | | | | | 240 | 405 | 22,0 | 61,8 | 96 | | |
| | | | | | | 225 | 365 | 21,6 | 63,7 | 79 | | |
| | 225 | 312 | 25,8 | 64,3 | 145 | | | | | | | |

Пределы длительной прочности и ползучести (пруток, продольные образцы)

| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|-----|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [5] | 450 | 340 | 270 | 240 | 200 |
| | 480 | 255 | 200 | 225 | 155 |
| | 510 | 165 | 120 | 170 | 120 |
| | 540 | 110 | 73 | 122 | 82 |

Релаксационная стойкость (пруток, продольные образцы)

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | σ_t , Н/мм ² , за время τ , ч | | | | НВ |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------|--------------------------------|--|------|-------|-------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | |
| [5] | ПС | | | 450 | 100 | 81 | 75 | (71) | (67) | — |
| | | | | 450 | 160 | 130 | 114 | (110) | (104) | — |
| | | | | 450 | 200 | 141 | 124 | (118) | (111) | — |
| | | | | 450 | 260 | 173 | 160 | (145) | (130) | — |

В скобках даны значения, полученные экстраполяцией.

Технологические характеристики

| Ковка [3] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–800 | До 200 | На воздухе | До 200 | На воздухе |
| Заготовка | 1180–800 | | | | |

Свариваемость [1]

Сваривается без ограничений.
Способы сварки: РД, РАД, АФ, КТ.
Рекомендуются подогрев до 150–200°C и последующая термообработка

Обрабатываемость резанием [1]

В нормализованном и отпущенном состоянии при ≤ 138 НВ и $\sigma_b = 470$ Н/мм²
 $K_v = 1,6$ (твердый сплав),
 $K_v = 1,4$ (быстрорежущая сталь)

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|--|---------|---------|-----------|--------|-----------|--------|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 15XM | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. Поковки — ГОСТ 8479–70, ТУ 108.17.1050–78. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. Трубные заготовки — ТУ 14–1–1529–93, ТУ 14–1–2560–78. Трубы — ТУ 14–3Р–55–2001. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,11–0,18 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | 0,40–0,55 | ≤ 0,30 | ГОСТ 4543–71 ТУ 14–3Р–55–2001 ¹ | 740 | 875 | — | — |
| 0,10–0,15 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,035 | 0,80–1,10 | ≤ 0,25 | 0,40–0,55 | ≤ 0,20 | | | | | |
| ¹ Допустимые отклонения по С + 0,01% и – 0,02%. | | | | | | | | | | | | | |
| Для стали, изготовленной скрап-процессом или из медистых руд, допускается содержание Сu и Ni до 0,3% каждого. | | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
|--------------|----------------------|-------|-------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Нормализация | 880 | Воздух | До 80 | 275 | 440 | 21 | 55 | 118 | ≤ 179 | — |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 275 | 440 | 19 | 50 | 106 | ≤ 179 | — |
| | | | | Свыше 150 | 275 | 440 | 18 | 45 | 100 | ≤ 179 | — |
| ГОСТ 8479–70 | Нормализация | ПС | Воздух | До 100 | 195 | 390 | 26 | 55 | 59 | 111–156 | 195 |
| | | | | 100–300 | 195 | 390 | 23 | 50 | 54 | | |
| | | | | До 100 | 215 | 430 | 24 | 53 | 54 | 123–167 | 215 |
| | | | | 100–300 | 215 | 430 | 20 | 48 | 49 | | |
| | | | | До 100 | 245 | 470 | 22 | 48 | 49 | 143–179 | 245 |
| | | | | 100–300 | 245 | 470 | 19 | 42 | 39 | | |
| | До 100 | 275 | 530 | 20 | 40 | 44 | 156–197 | 275 | | | |
| | 100–300 | 275 | 530 | 17 | 38 | 34 | | | | | |
| | 300–500 | 275 | 530 | 15 | 32 | 29 | | | | | |
| | Закалка Отпуск | ПС | Воздух | До 100 | 315 | 570 | 17 | 38 | 39 | 167–207 | 315 |
| | | | | До 100 | 345 | 590 | 18 | 45 | 59 | 174–217 | 345 |
| | | | | 100–300 | 345 | 590 | 17 | 40 | 54 | 174–217 | 345 |
| До 100 | | | | 395 | 615 | 17 | 45 | 59 | 187–229 | 395 | |
| До 100 | | | | 440 | 635 | 16 | 45 | 59 | 197–235 | 440 | |
| До 100 | | | | 490 | 655 | 16 | 45 | 59 | 212–248 | 490 | |

Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы.

По механическим свойствам поковки, поставляемые после окончательной термической обработки, разделяются на категории прочности. Категории прочности, соответствующие им нормы механических свойств, определяемые при испытании на продольных образцах, и нормы твердости приведены в таблице.

Нормы твердости для поковок II и III групп и категории прочности для поковок IV и V групп устанавливаются по согласию изготовителя с потребителем. Марка стали для всех групп устанавливается по согласию изготовителя с потребителем и указывается на чертеже детали и поковки.

По требованию потребителя временное сопротивление должно быть выше указанной в таблице для заданной категории прочности, не более:

120 Н/мм² при требуемом σ_b менее 600 Н/мм²,

150 Н/мм² при требуемом σ_b 600–900 Н/мм²,

200 Н/мм² при требуемом σ_b более 900 Н/мм².

Поковки IV и V группы с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3. Группу качества поковок по результатам УЗК устанавливают в соответствии с ГОСТ 24507–80 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
|------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|-------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Отжиг или высокий отпуск | 850–870 | Воздух | До 250 | Шайбы | | | | | | — | ≤ 179 |
| | | | | | Не определяются | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14–3Р–55–2001 | Нормализация ¹ | 930–960 | Воздух | ϕ 25–465 ² s 2,5–60 | Образцы продольные | | | | | | — | — |
| | | | | | не менее | | | | | | | |
| | Отпуск | 680–730, выдержка не менее 30 мин | Воздух | | Образцы поперечные | | | | | | — | — |
| | | | | | не менее или в пределах | | | | | | | |
| | | | | | 235 | 441–637 | 21 | 50 | 59 | | | |
| | | | | | 225 | 441–637 | 20 | 45 | 49 | | | |

15XM

Механические свойства

¹ Допускается нормализация труб без проведения отпуска.

Допускается при нормализации ускоренное вентиляторное или спрейерное охлаждение.

Допускается нормализация горячедеформированных труб с прокатного нагрева с отпуском 680–730°C. Температура конца прокатки должна быть не ниже температуры нормализации.

² Трубы горячедеформированные (в том числе горячепрессованные из катаной и кованой заготовки).

³ Трубы холоднодеформированные и теплодеформированные.

Примечания к таблице механических свойств

1. Определение временного сопротивления, предела текучести, относительного удлинения проводят либо на продольных патрубках, сегментах или цилиндрических образцах, либо на поперечных цилиндрических образцах.

2. Определение относительного сужения проводят только на цилиндрических продольных образцах для труб с толщиной стенки 7 мм и более или на цилиндрических поперечных образцах для труб диаметром 120 мм и более.

3. В случае определения механических свойств на патрубках допускается снижение относительного удлинения на 3 абс. %.

4. Твердость металла труб с толщиной стенки менее 5 мм не определяется.

5. Ударную вязкость металла определяют на трубах с толщиной стенки более 12 мм на продольных или поперечных образцах.

6. Допускается снижение значений ударной вязкости на одном образце на 9,8 Дж/см² от установленной нормы, при условии, что среднearифметическое значение результатов испытаний образцов, отобранных от одной трубы, будет не ниже установленной нормы.

7. По требованию заказчика трубы поставляются с определением ударной вязкости при комнатной температуре на образцах с концентратором типа V (KCV) и при пониженных температурах от 0 до минус 60°C на образцах с концентратором типа U (KCU) или типа U (KCU). Значения ударной вязкости не нормируются, но заносятся в документ о качестве труб.

8. Пределы текучести при повышенных температурах и длительной прочности металла труб должны соответствовать указанным в таблице.

Изготовитель гарантирует соответствие пределов текучести при повышенных температурах и длительной прочности металла труб указанным требованиям без проведения испытаний.

9. По требованию заказчика трубы поставляются с определением предела текучести при одной или нескольких температурах, приведенных в таблице.

Пределы текучести и длительной прочности при повышенных температурах металла труб

| НД | t, °C | Предел текучести $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² , не менее | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | |
|--------|-------|---|---|-------------------|
| | | | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ |
| ТУ 14– | 250 | 225 | — | — |
| ЗР–55– | 400 | 196 | — | — |
| 2001 | 450 | 191 | — | — |
| | 500 | — | 127 | 118 |
| | 550 | — | 51 | 38 |

Примечания.

1. Значения пределов текучести и длительной прочности являются средними значениями по совокупности имеющихся данных, которые при периодических испытаниях могут быть уточнены и при необходимости исправлены. Допускается отклонение фактических значений предела длительной прочности на 20% от указанных в таблице.

2. Пределы текучести и длительной прочности труб для промежуточных температур определяются путем линейной интерполяции между ближайшими значениями, приведенными в таблице.

| НД | Режим термообработки | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | НВ | КП |
|---------------|--------------------------------|--------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|---------|-----|
| | Операция | t, °C | | | | | | | | |
| ТУ 108.17. | Поковки в отожженном состоянии | | ø до 300 | — | — | — | — | — | 179 | — |
| 1050– 78 | Нормализация | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | Воздух | | 255 | 470 | 20 | 40 | 59 | 131–170 | 255 |

Примечания.

1. Поковки в зависимости от назначения и условий работы изготавливаемых из них деталей относятся к группам II, III, IV и V по ГОСТ 8479–70.

2. По механическим свойствам поковки, поставляемые после окончательной термической обработки, разделяются на категории прочности.

3. При определении механических свойств попокков на тангенциальных образцах допускается снижение норм механических свойств по сравнению с приведенными в таблице нормами для продольных образцов на величины, указанные ниже в таблице.

| Механические свойства | Допускаемое снижение норм механических свойств, % | |
|--|---|---------------------------------|
| | попокков диаметром до 300 мм | попокков диаметром свыше 300 мм |
| Предел текучести, Н/мм ² | 5 | 5 |
| Временное сопротивление, Н/мм ² | 5 | 5 |
| Относительное удлинение, % | 25 | 30 |
| Относительное сужение, % | 20 | 25 |
| Ударная вязкость, Дж/см ² | 25 | 30 |

Назначение. Трубы паропроводов, пароперегревателей и коллекторов для работы при температуре 500–550°C, фланцы, трубные решетки и другие детали нефтеперерабатывающего машиностроения, работающие при температуре от минус 40°C до плюс 560°C под давлением. Шайбы с предельной температурой среды до 545°C (условное давление P_y не ограничено).

Цапфы рабочих колес, крепежные изделия гидротурбин.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

| 15ХМ | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------------|---|--|--|--------------------------|-------------------------|---------------------------|----------|-------------------|--|
| Предел выносливости, Н/мм ² [3] | | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | Термообработка | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | | | |
| 290 | — | 10 ⁷ | Нормализация 900–920°С, отпуск 630–650°С | | | — | — | — | — | — | — | | |
| Механические свойства стали (пруток, продольные образцы) при различных температурах | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее | | |
| [3, 5] | Нормализация Отпуск | 900–920 630–650 | Воздух Воздух | 20 | 350 | 540 | 25 | 67 | 265 | — | | | |
| | | | | 350 | 250 | 510 | 22 | 67 | 245 | — | | | |
| | | | | 400 | 250 | 500 | 23 | 69 | 162 | — | | | |
| | | | | 450 | 250 | 490 | 21 | 74 | 167 | — | | | |
| | | | | 500 | 270 | 450 | 20 | 75 | — | — | | | |
| | | | | 550 | 250 | 420 | 21 | 78 | — | — | | | |
| | | | | 600 | 240 | 310 | 22 | 51 | — | — | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести стали (пруток, продольные образцы) | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | | |
| [3, 5] | Нормализация Отпуск | 900–920 630–650 | Воздух Воздух | 450 | 340 | 270 | 240 | 200 | | | | | |
| | | | | 480 | 255 | 200 | 225 | 155 | | | | | |
| | | | | 510 | 165 | 120 | 170 | 120 | | | | | |
| | | | | 540 | 110 | 73 | 122 | 82 | | | | | |
| Релаксационная стойкость стали (пруток, продольные образцы) | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время t, ч | | | | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | | | | |
| [3, 5] | Нормализация Отпуск | 900–920 630–650 | Воздух Воздух | 450 | 100 | 81 | 78 | (58) | (42) | — | | | |
| | | | | 450 | 160 | 132 | 122 | (100) | (76) | — | | | |
| | | | | 450 | 200 | 148 | 135 | (108) | (83) | — | | | |
| | | | | 450 | 260 | 180 | 162 | (133) | (95) | — | | | |
| В скобках — экстраполированные значения. | | | | | | | | | | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | | | |
| Время, ч | | t, °С | | КСУ, Дж/см ² | | Среда | | t, °С | | Скорость коррозии, мм/год | | База испытаний, ч | |
| Исходное состояние | | | | 265 | | Окалиностойкая до 500–550°С | | | | | | | |
| Не склонна к отпускной хрупкости | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | | t, °С | | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | | | 300 | | 1000 | | 1–2 | | | |
| Точечная | | Вода деминерализованная | | | | 300 | | 1000 | | Подвержена | | | |
| Коррозионное растрескивание | | — | | | | — | | — | | — | | | |
| Межкристаллитная | | Не определяется | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 2] | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1260–800 | До 200 | | В ящике или отжиг низкотемпературный. | | До 200 | | На воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1260–750 | 201–700 | | Отжиг низкотемпературный | | 201–700 | | Отжиг низкотемпературный | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 138 НВ и $\sigma_b = 470$ Н/мм ² $K_v = 1,6$ (твердый сплав), $K_v = 1,4$ (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--|---------|---------|-----------|--------|-----------|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
| 20ХМ | | Сортовой прокат — ГОСТ 1051–73, ГОСТ 4543–71. Поковки трубных заготовок — ТУ 108.11.653–82. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,15–0,25 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | 0,15–0,25 | ≤ 0,30 | 743 | 818 | 704 | 746 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
|------------------|----------------------|--------|-------------------|-----------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|---|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Закалка | 880 | Вода или масло | До 80 | 590 | 780 | 12 | 50 | 88 | — | ≤ 179 | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 590 | 780 | 10 | 45 | 79 | — | ≤ 179 | |
| | | | | Свыше 150 | 590 | 780 | 9 | 40 | 75 | — | ≤ 179 | |
| ТУ 108.11.653–82 | Закалка | 910±10 | Вода ¹ | См. ниже | 20 | 393 | 588 | 10 | — | 59 | — | — |
| | | | | | 325 | 294 | 490 | — | — | — | — | — |
| | Отпуск | 650±10 | Вода | | –40 | — | — | — | 29 | — | — | |

¹ Допускается охлаждение после закалки производить в масле.

Сечения к ТУ 108.11.653–82

ϕ_n 540 мм, $\phi_{вн}$ 100 мм, L = 1540 мм

ϕ_n 600 мм, $\phi_{вн}$ 100 мм, L = 1540 мм

ϕ_n 630 мм, $\phi_{вн}$ 100 мм, L = 1550 мм

ϕ_n 650 мм, $\phi_{вн}$ 100 мм, L = 1500 мм

ϕ_n 440 мм, $\phi_{вн}$ 110 мм, L = 2000 мм

Размеры трубных заготовок после механической обработки — справочные.

По согласованию сторон размеры заготовок могут быть изменены.

Назначение. Поковки диафрагм паровых турбин и другие детали, предназначенные для работы при температурах до 500°С.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°С (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

Механические свойства стали в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
|-----|----------------------|---------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [2] | Закалка | 860–870 | Масло | 100 | 20 | Тангенциальные образцы | | | | | |
| | | | | | | 445 | 575 | 25 | 67 | 150 | — |
| | | | | | | 320 | 435 | 17 | 59 | 160 | — |
| | | | | | | 370 | 430 | 20 | 59 | 155 | — |
| | | | | | | 420 | 430 | 20 | 64 | 145 | — |
| | | | | | | 470 | 380 | 17 | 66 | 135 | — |
| | | | | | | 520 | 370 | 18 | 69 | 140 | — |
| | 570 | 355 | 19 | 76 | 110 | — | | | | | |
| | Отпуск | 690–700 | С печью | 100 | 20 | Радиальные образцы | | | | | |
| | | | | | | 450 | 565 | 24 | 68 | 120 | — |
| | | | | | | 320 | 380 | 20 | 66 | 185 | — |
| | | | | | | 370 | 370 | 22 | 66 | 190 | — |
| | | | | | | 420 | 360 | 21 | 59 | 160 | — |
| | | | | | | 470 | 365 | 23 | 73 | 180 | — |
| 520 | | | | | | 340 | 21 | 73 | 125 | — | |
| 570 | 320 | 22 | 80 | 100 | — | | | | | | |

| 20ХМ | | Механические свойства поковок диафрагм | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|-----------------------------------|---|--|--------------------------------|--|--------------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [19] | Закалка | 850–880 | Масло | Тангенциальные образцы | | | | | | | |
| | Отпуск | 690–700 | Масло | 360 | 550 | 16 | 40 | 60 | — | — | |
| Длительная пластичность [36] | | | | Пределы длительной прочности и ползучести [2] | | | | | | | |
| Удлинение в условиях длительного разрыва (100000 ч) при 470–520°C составляет 1%, с сохранением примерно двукратного запаса прочности | | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | | | | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | |
| | | | | 420 | 400 | 380 | — | 290 | | | |
| | | | | 470 | 300 | 260 | 140 | 140 | | | |
| | | | | 520 | 160–170 | 120–140 | 140–170 | 42–62 | | | |
| 550 | — | 65 | — | — | | | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | Окалиностойкая до 500°C | | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | Образцы | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 147 | Тангенциальные | | | | | | | | |
| 1000 | 470 | 147 | | | | | | | | | |
| 1000 | 520 | 172 | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 175 | Радиальные | | | | | | | | |
| 1000 | 470 | 191 | | | | | | | | | |
| 1000 | 520 | 172 | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | | 300 | 1000 | 2 | | | | |
| Точечная | | Вода деминерализованная | | | 300 | 1000 | Подвержена | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Вода деминерализованная | | | 300 | 1000 | Не подвержена | | | | |
| Межкристаллитная | | Не определяется | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1220–800 | Поковки всех размеров: ответственного назначения | | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | До 200 | | На воздухе | | | |
| Заготовка | 1220–800 | остальные | | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | | | | В закаленном и отпущенном состоянии при ≥ 179 НВ и $\sigma_b = 470$ Н/мм ² $K_v = 0,9$ (твердый сплав), $K_v = 0,53$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
|---|-----------|--|---------|---------|-----------|--------|-----------|---|---|--------|-------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 30ХМ, 30ХМА | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71, ГОСТ 10702–78. Поковки — ГОСТ 8479–70. Трубы — ГОСТ 8731–74. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | Марка стали | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,26–0,34 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | 0,15–0,25 | — | — | ≤ 0,30 | 30ХМ | 757 | 807 | 693 | 763 |
| 0,26–0,33 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | 0,15–0,25 | — | — | ≤ 0,30 | 30ХМА | | | | |
| <p>1. В соответствии с заказом в стали массовая доля Si 0,10–0,37%.</p> <p>2. Для стали, выплавленной в основных мартеновских печах и в печах с кислой футеровкой, допускается массовая доля P до 0,030%.</p> <p>3. В готовом прокате и поковках при соблюдении норм механических свойств допускаются отклонения по химическому составу, которые должны соответствовать: C ± 0,01%; Si ± 0,02%; Cr ± 0,02%; Mn ± 0,02%.</p> | | | | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | НВ | Марка стали |
|--------------|----------------------|---------|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---------|-------------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 830–850 | С печью | Свыше 5 | не менее | | | | | ≤ 229 | |
| | | | | До 80 | 735 | 930 | 11 | 45 | 78 | | — |
| | Закалка | 880 | Масло | Свыше 80 до 150 | 735 | 930 | 12 | 50 | 88 | — | 30ХМА |
| | | | | | | | 9 | 40 | 70 | | 30ХМ |
| | Отпуск | 540 | Вода или масло | Свыше 150 | 735 | 930 | 10 | 45 | 79 | — | 30ХМА |
| | | | | | | | 8 | 35 | 66 | | 30ХМ |
| | | | | | | | 9 | 40 | 75 | — | 30ХМА |
| | ГОСТ 8479–70 | Закалка | ПС | | До 100 | 395 | 615 | 17 | 45 | 59 | 187–229 |
| До 100 | | | | | 440 | 635 | 16 | 45 | 59 | 197–235 | 30ХМА |
| 100–300 | | 440 | | | 635 | 14 | 40 | 54 | 197–235 | 30ХМА | |
| До 100 | | 490 | | | 655 | 16 | 45 | 59 | 212–248 | 30ХМА | |
| Отпуск | | | | | | | | | | | |

Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы.

По механическим свойствам поковки, поставляемые после окончательной термической обработки, разделяются на категории прочности. Категории прочности, соответствующие им нормы механических свойств, определяемые при испытании на продольных образцах, и нормы твердости приведены в таблице.

Нормы твердости для поковок II и III групп и категории прочности для поковок IV и V групп устанавливаются по соглашению изготовителя с потребителем. Марка стали для всех групп устанавливается по соглашению изготовителя с потребителем и указывается на чертеже детали и поковки.

По требованию потребителя временное сопротивление должно быть выше указанной в таблице для заданной категории прочности, не более:

120 Н/мм² при требуемом σ_в менее 600 Н/мм²,

150 Н/мм² при требуемом σ_в 600–900 Н/мм²,

200 Н/мм² при требуемом σ_в более 900 Н/мм².

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------|--|-------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 8731–74 | В состоянии поставки (термообработанные) | | | — | 392 | 588 | 13 | — | — | — | — |

| 30ХМ, 30ХМА | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|---------------|---|-----------------------|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10702-78 | Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии | | | Круглый от 5 до 45 Шести-гранный от 8 до 48 | — | — | — | — | — | — | ≤ 217 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в термически обработанном состоянии (после отпуска или обычного отжига и сфероидизирующего отжига) | | | Круглый от 3 до 42 Шести-гранный от 7 до 40 ¹ | — | + | — | + | — | — | ≤ 229 ≤ 229 |
| | Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии | | | Круглый от 3 до 42 Шести-гранный от 7 до 40 ¹ | — | + | — | + | — | — | + |

¹ Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

Знак "+" означает, что механические свойства и твердость определяют для накопления данных и результаты испытаний указывают в документе о качестве.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
|---------------|----------------------------------|---------|-------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700-75 | Категория IV. Легированные стали | | | До 100 Свыше 100 до 300 До 250 | Болты, шпильки, пробки и хомуты | | | | | | |
| | Закалка | 870-890 | Вода или масло | | 637-784 | 784 | 13 | 42 | 59 | 229-277 | 640 |
| | Отпуск | 540-620 | | | 637-784 | 784 | 12 | 38 | 49 | 229-277 | 640 |
| | Гайки | | | | | | | — | — | — | 217-187 |

Примечания.

1. Указанный режим отпуска допускается уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
3. Для состаренной стали с диаметром или стороной заготовки более 80 мм допускается снижение предела текучести на 20 Н/мм².
4. Допускается выполнение комплектов «шпилька-гайка», «болт-гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.

| Марка стали | НД | Предельные параметры | | | | | |
|-------------|--------------|--------------------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| | | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | Гайки | | Шайбы | |
| | | Температура среды, °C | Условное давление P_y , Н/мм ² | Температура среды, °C | Условное давление P_y , Н/мм ² | Температура среды, °C | Условное давление P_y , Н/мм ² |
| 30ХМА | ГОСТ 4543-71 | До 450 | Не ограничено | До 510 | Не ограничено | — | — |

Контроль макроструктуры следует проводить на двух темплетях от партии.

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|-------|---|-------------------|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | |
| ГОСТ 20700-75 | ПС | | | 425 | 333 | 284 | 137 |
| | | | | 450 | 294 | 225 | 108 |

Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| 30XM, 30XMA | | | Механические свойства | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|---------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23304-78 | Закалка Отпуск | 870–890 | Вода или масло | До 300 | 20 | не менее или в пределах | | | | | | 197–241 | 490 |
| | | | | | | Болты, шпильки | | | | | | | |
| | | | | | | 490–686 | 588 | 15 | 40 | 59 | | | |
| | | 540–680 | | | 20 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | 197–229 | 490 |
| | | | | | | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | | |
| | | | | | | 490–637 | 490 | 15 | 40 | 59 | | | |
| | Закалка Отпуск | 870–890 | Вода или масло | До 100 | 20 | не менее или в пределах | | | | | | 229–285 | 640 |
| | | | | | | Болты, шпильки | | | | | | | |
| | | | | | | 637–813 | 784 | 13 | 42 | 59 | | | |
| | | 540–680 | | | 20 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | 229–277 | 640 |
| | | | | | | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | | |
| | | | | | | 637–784 | 784 | 12 | 38 | 49 | | | |
| До 300 | 350 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | — | — | | | | |
| | | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | | | | | | |
| | | 490 | — | — | — | — | | | | | | | |
| До 100 | 20 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | 187–241 | 440 | | | | |
| | | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | | | | | | |
| | | 441–637 | 490 | 15 | 40 | 59 | | | | | | | |
| До 300 | 20 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | 187–217 | 440 | | | | |
| | | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | | | | | | |
| | | 441–588 | 490 | 15 | 40 | 59 | | | | | | | |
| До 300 | 350 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | — | — | | | | |
| | | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | | | | | | |
| | | 294 | — | — | — | — | | | | | | | |

Примечания.

1. Допускается изготавливать сферические шайбы по ГОСТ 4543–71.

2. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , ψ , КСВ соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%.

3. Режимы отпуска и старения являются рекомендуемыми и могут назначаться по согласованию с головной материаловедческой организацией. Режимы закалки, нормализации и аустенитизации могут уточняться по согласованию с головной материаловедческой организацией.

4. На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футорки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.

5. В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин.

Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более.

Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3а контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.

6. Ультразвуковой контроль (УЗК) проводят на заготовках, прошедших окончательную термическую обработку. При проведении повторной полной термической обработки заготовок должен проводиться повторный УЗК. Для деталей, подвергаемых химико-термической обработке, УЗК проводят до химико-термической обработки.

7. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 490, КП 640; для гаек — с КП 440; для сферических шайб — по ГОСТ 4543–71.

Назначение. Поковки общего назначения, валы, роторы и диски паровых турбин, фланцы. Крепежные детали (болты, шпильки, гайки) для фланцевых соединений реакторов, трубы и другие детали паропроводов, работающие при температуре до 450–500°C. Шестерни, валы, цапфы и другие детали.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Стали обладают повышенной прокаливаемостью.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|-----------------|---|---|---|-----|-----|-----|-----|---|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | |
| 402 | — | 10 ⁷ | Закалка с 880°C в масле, отпуск при 450°C | — | — | — | 42 | — | 37 | Закалка с 880°C в масле, отпуск при 350°C |
| 366 | 225 | — | Закалка с 880°C в масле, отпуск при 560°C | — | — | — | — | — | — | |
| 304 | — | — | Закалка с 880°C в масле, отпуск при 650°C | — | — | 147 | — | 108 | — | |

| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [5] | | | Тип образца | Термообработка |
|-------|--|-------------|-----------------|-------------|--|
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | |
| 20 | 415 | — | 10 ⁷ | Гладкий | Закалка с 870°C в воде, отпуск при 600°C $\sigma_b = 836$ Н/мм ² |
| 200 | 375 | — | 10 ⁷ | | |
| 300 | 402 | — | 10 ⁷ | | |
| 400 | 372 | — | 10 ⁷ | | |
| 500 | 282 | — | 10 ⁷ | | |
| 600 | 172 | — | 10 ⁷ | | |
| 20 | 255 | — | 10 ⁷ | С надрезом | Закалка с 870°C в воде, отпуск при 600°C $\sigma_b = 836$ Н/мм ² |
| 200 | 215 | — | 10 ⁷ | | |
| 300 | 185 | — | 10 ⁷ | | |
| 400 | 187 | — | 10 ⁷ | | |
| 500 | 145 | — | 10 ⁷ | | |
| 600 | 115 | — | 10 ⁷ | | |
| 650 | 9 | — | 10 ⁷ | | |

| 30XM, 30XMA | | Механические свойства при комнатной температуре поковок различного сечения | | | | | | | | |
|-------------|----------------------|--|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| [5] | Отжиг | 860–880 | С печью | До 100 | 300 | 550 | 18 | 45 | — | 156 |
| | Нормализация | 860 | Воздух | 100–150 | 350 | 600 | 16 | 45 | 40 | 170 |
| | Закалка | 850–870 | Вода или масло | 20–100 | 550 | 750 | 14 | 45 | 70 | 217 |
| | Отпуск | 600–640 | | 300 | 520 | 720 | 13 | 45 | 60 | 207 |
| | | | | 500 | 500 | 700 | 13 | 40 | 60 | 196 |

**Механические свойства стали (шпильки, гайки, хомуты и др.) в зависимости от термической обработки (образцы продольные).
Заготовка для термической обработки**

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|-------------------------------------|---------|-----------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| [5] | Отожженное или отпущенное состояние | | | ø 25 | — | — | — | — | — | 229 |
| | Закалка | 880 | Масло или теплая вода | | 750 | 950 | 11 | 45 | 80 | — |
| | Отпуск | 540 | Масло или вода | ø 25 | 680 | 800 | 13 | 45 | 60 | 255 ¹ |
| | Закалка | 870–890 | Масло или теплая вода | | | | | | | |
| | Отпуск ² | 540–600 | Масло или вода | | | | | | | |

¹ Для шпилек.

² Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для шпилек примерно на 15–30°C.

³ Для гаек.

Механические свойства относятся к заготовке диаметром ≤ 80 мм. Для заготовок диаметром 81–150 мм допускается снижение δ , ψ и КСУ на 2; 5 и 10% соответственно; для прутков сечением ≥ 151 мм это снижение составляет 3, 10 и 15% соответственно.

Механические свойства в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|----------------|-------------------|---------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Закалка Отпуск | 870–880 650 | Масло | Прутки продольные образцы | 20 | 588 | 728 | 20 | 70 | 186 | — |
| | | | | | 200 | 495 | 662 | 20 | 96 | — | — |
| | | | | | 300 | 525 | 716 | 21 | 68 | 206 | — |
| | | | | | 400 | 481 | 633 | 22 | 75 | 199 | — |
| | | | | | 450 | 456 | 579 | 23 | 77 | 155 | — |
| | | | | | 500 | 427 | 500 | 22 | 80 | 142 | — |
| | | | | | 550 | 422 | 461 | 21 | 82 | — | — |
| | | | | | 600 | 324 | 348 | 28 | 90 | 142 | — |

Механические свойства при различных температурах (образцы продольные)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | |
|-----|----------------------|----------------|-------------------|-------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|------|------|-----|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| [5] | Закалка Отпуск | 870–880 650 | Масло Воздух | Прутки | 20 | 600 | 745 | 19,5 | 70,0 | 190 | — | | | | |
| | | | | | 200 | 505 | 675 | 20,5 | 60,5 | — | — | | | | |
| | | | | | 300 | 535 | 730 | 21,0 | 68,5 | 210 | — | | | | |
| | | | | | 400 | 490 | 645 | 22,0 | 75,0 | 203 | — | | | | |
| | | | | | 450 | 465 | 590 | 23,0 | 77,0 | 158 | — | | | | |
| | | | | | 500 | 435 | 510 | 22,0 | 80,0 | 145 | — | | | | |
| | | | | | 550 | 430 | 470 | 21,0 | 82,0 | — | — | | | | |
| | | | | | 600 | 330 | 355 | 28,5 | 89,5 | 145 | — | | | | |
| | | | | | Закалка Отпуск | 870 600 | Вода Воздух | Прутки | 20 | 720 | 836 | 21,6 | 71,6 | 194 | — |
| | | | | | | | | | 200 | 644 | 799 | 20,0 | 67,3 | 205 | — |
| | | | | | | | | | 300 | 663 | 836 | 21,5 | 67,9 | 178 | — |
| | | | | | | | | | 400 | 608 | 742 | 19,6 | 75,8 | 163 | — |
| | 500 | 527 | 572 | 19,3 | | | | | 82,1 | 132 | — | | | | |
| | 600 | 403 | 427 | 26,5 | | | | | 87,1 | — | — | | | | |

Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC |
|-----|----------------------|-------|-------------------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| [4] | Закалка Отпуск | 880 | Масло Воздух Воздух Воздух | Образцы | 1320 1330 1220 1080 | 1520 1450 1370 1130 | 12 11 12 16 | 50 51 55 60 | 69 49 69 127 | 48 45 42 36 |
| | | 200 | | | | | | | | |
| | | 300 | | | | | | | | |
| | | 400 | | | | | | | | |
| | | 500 | | | | | | | | |

| 30ХМ, 30ХМА | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-------------|-----------------------|------------------------------------|---|--------------|------------|-------------------------|-----|----------|-----|----|
| Механические свойства в зависимости от сечения | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Место вырезки образца | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| [4] | Закалка | 880 | Масло | 40 | Ц | 650 | 820 | 17 | 71 | 147 | 26 | | | |
| | | | | Отпуск | 500 | Воздух | 60 | Ц | 630 | 800 | 17 | 69 | 157 | 26 |
| | | | | | | | 80 | 1/2 R | 660 | 790 | 17 | 67 | 137 | 24 |
| | | | | | | | 100 | 1/2 R | 610 | 780 | 18 | 64 | 147 | 25 |
| | | | | | | | 120 | 1/3 R | 620 | 750 | 19 | 63 | 137 | — |
| | Закалка | 880 | Вода | 40 | Ц | 790 | 930 | 13 | 61 | 118 | 29 | | | |
| | | | | Отпуск | 500 | Воздух | 60 | Ц | 740 | 870 | 16 | 64 | 127 | 30 |
| | | | | | | | 80 | 1/2 R | 760 | 890 | 14 | 64 | 108 | 29 |
| | | | | | | | 100 | 1/2 R | 700 | 830 | 17 | 65 | 137 | 26 |
| | | | | | | | 120 | 1/3 R | 690 | 840 | 18 | 63 | 118 | 24 |

Ц — образцы вырезаны из центральной зоны.

| Пределы длительной прочности и ползучести стали | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [5] | ПС | | | 425 | 340 | 290 | — | 140 |
| | | | | 450 | 300 | 230 | — | 110 |
| | | | | 475 | 250 | 190 | — | — |
| | | | | 500 | 200 | 150 | — | 55 |
| | | | | 525 | 150 | 100 | — | — |
| | | | | 550 | 118 | 77 | 58 | 28 |

| Механические свойства после длительного старения | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------|-------------------|-------------------------|------------|------------------------------------|---|--------------|------------|-------------------------|------|
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | |
| [5] | Закалка | 850–880 | Масло | Исходное состояние | | 600 | 745 | 19,5 | 70,0 | 190 | — |
| | | | | Отпуск или Нормализация | 580–650 | Воздух | 500 | 7000 | 515 | 670 | 21,0 |
| | 550 | 3000 | 515 | | | | 670 | 20,5 | 70,0 | 240 | — |
| | 550 | 10000 | 460 | | | | 620 | 22,0 | 71,0 | 245 | — |
| | 600 | 3000 | 450 | | | | 605 | 23,5 | 75,5 | 255 | — |
| | 600 | 10000 | 430 | 560 | 24,0 | 73,0 | 235 | — | | | |

| Механические свойства стали при температуре 20°C после испытания на ползучесть | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------|------------------------------|------------|------------------------------------|---|--------------|------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Ползучесть | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | σ , Н/мм ² | τ , ч | | | | | | |
| [5] | Закалка | 870–880 | Масло | Образцы | Исходное состояние | | | 600 | 745 | 19,5 | 70 | 173 | — |
| | | | | | 430 | 200 | 2200 | 595 | 750 | 19,8 | 68 | — | — |
| | Отпуск | 650 | Воздух | | 400 | 100 | 2000 | 600 | 745 | 18,3 | 69 | 145 | — |

Образцы диаметром 8 мм с круговым надрезом радиусом 1 мм и глубиной 1 мм.

| 30ХМ, 30ХМА | | Релаксационная стойкость стали | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------------------|--------------------------------|-------------------|-------|------------------------------------|--|-----|------|-------|-------|------|-------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ ₀ , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ _r , Н/мм ² , за время τ, ч | | | | | | | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 5000 | 6000 | 10000 | |
| [5] | Нормализация | 880 | Воздух | 450 | 150 | 98 | 85 | 83 | 75 | (71) | — | (58) | 207 |
| | Отпуск | 650, 2 ч | Воздух | 450 | 250 | 150 | 130 | 123 | 112,5 | (102) | — | (82) | |
| | Нормализация | 1000 | Воздух | 450 | 150 | 109 | 101 | 98 | 92 | (83) | — | (70) | 217 |
| | Отпуск | 650, 2 ч | Воздух | 450 | 250 | 182 | 171 | 162 | 149 | (132) | — | (105) | |
| | Закалка | 880 | Масло | 400 | 150 | 89 | 68 | 65 | 57 | (53) | — | (45) | 269 |
| | Отпуск | 650, 2 ч | Воздух | 400 | 250 | 138 | 106 | 99 | 84 | (77) | — | (64) | |
| | | | | 400 | 350 | 190 | 136 | 120 | 109 | (98) | — | (82) | |
| | | | | 450 | 150 | 83 | 66 | 61,5 | 54 | (47) | — | (33) | |
| | | | | 450 | 250 | 123 | 93 | 87 | 78 | (68) | — | (52) | |
| | Закалка Отпуск | ПС | | 350 | 125 | 103 | 103 | 102 | — | 98 | — | — | |
| | | | | 350 | 180 | 146 | 145 | 144 | — | 134 | — | — | |
| | | | | 350 | 245 | 208 | 200 | 198 | — | 186 | — | — | |
| | | | | 350 | 380 | 296 | 291 | 288 | — | 280 | — | — | |
| | | | | 400 | 120 | 95 | 90 | 87 | — | — | 72 | — | |
| 400 | | | | 190 | 143 | 128 | 122 | — | — | 106 | — | | |
| 400 | | | | 240 | 190 | 170 | 163 | — | — | 138 | — | | |
| 400 | | | | 410 | 312 | 282 | 272 | — | — | 222 | — | | |

В скобках — экстраполированные значения.

| Коррозионная стойкость [5] | | | | |
|-----------------------------|--|-------|-----------------|--------------------------|
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Глубина коррозии, мм/год |
| Общая | Увлажненный пар (14% H ₂ O) | 565 | — | 0,074–0,14 |
| | | 600 | — | 0,24–0,44 |
| Точечная | — | — | — | — |
| Коррозионное растрескивание | — | — | — | — |
| Межкристаллитная | — | — | — | — |

| Технологические характеристики [1] | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|----------------------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1220–800 | Поковки всех размеров: ответственного назначения | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | До 100 | На воздухе |
| Заготовка | 1260–800 | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокеночувствительность | |
| Ограниченно свариваемые. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | После закалки и отпуска при 229–269 НВ и σ _b = 930 Н/мм ² K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | | Мало чувствительна | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| | | | | Не склонна | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------------------------------|---------|---------|-----------|--------|-----------|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
| 32ХМ1А | | Поковки — ТУ 108–995–81. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108–995–81 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,29–0,36 | ≤ 0,35 | 0,40–0,70 | ≤ 0,018 | ≤ 0,018 | 0,90–1,20 | ≤ 0,40 | 0,40–0,60 | ≤ 0,25 | 760 | 830 | 660 | 740 |
| Сумма содержания серы и фосфора не должна превышать 0,035%, определение меди обязательно. | | | | | | | | | | | | |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------|------------------------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|--------------------|-------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108–995–81 | Закалка | 850–870 | Вода или масло | До 1800 | 471–638 ¹ | 667 | 18 | 45 | 59 | 180 | ≤ 250 |
| | Отпуск | 630–650 | С печью до 400°С, далее на воздухе | | 471–638 ² | 638 | 14 | 35 | 49 | 150 | |

¹ Образцы продольные.

² Образцы тангенциальные.

Примечания.

1. Отбор проб для контроля химического состава должен проводиться по ГОСТ 7565–81.

В случае применения ЭШП химический состав стали определяется по исходной плавке для электродов.

2. Определение механических свойств.

2.1. Определение механических свойств производится на тангенциальных образцах, отобранных от дисков, дисковой части хвостовика и средней части хвостовика: на продольных образцах — из концевой части хвостовика.

2.2. Для определения механических свойств из каждой тангенциальной пробы вырезаются: два образца на растяжение, четыре образца на ударную вязкость, в том числе два — типа I и два — типа 11 /для каждой 6-той заготовки/ и один образец на изгиб. Образцы на растяжение и ударную вязкость вырезаются из диаметрально противоположных мест пробы. Из каждой продольной пробы вырезаются: один образец на растяжение, один образец на изгиб и четыре образца на ударную вязкость, в том числе два — типа I и два — типа 11 /для каждой 6-той заготовки/.

Для определения критической температуры хрупкости предприятием-потребителем изготавливается не менее шести образцов типа 11.

2.3. Испытание на ударную вязкость производится по ГОСТ 9454–78 на образцах типа I и типа 11. Критическая температура хрупкости металла заготовок определяется по критерию 50% волокна в изломе ударных образцов, отобранных в тангенциальном направлении /ГОСТ 4543–71, приложение 3/.

2.4. Испытание на растяжение производится по ГОСТ 1497–84 на круглых образцах диаметром 10 мм с расчетной длиной 50 мм. В случае необходимости допускается изготовление образцов меньшего диаметра, но не менее 5 мм.

2.5. Испытание на изгиб производится в холодном состоянии по ГОСТ 14019–2003 на образце размером 10×20×160 мм.

2.6. В случае, если полученные механические свойства не удовлетворяют требованиям стандартных характеристик, производится повторное испытание на удвоенном количестве образцов для того вида испытаний, который дал неудовлетворительные результаты.

2.7. При неудовлетворительных результатах повторного испытания заготовки могут быть подвергнуты повторной термической обработке и вновь предъявлены к сдаче. Испытания после повторной термической обработки производятся в том же порядке, как и после первой термической обработки. Количество термических обработок может быть не более трех. Количество дополнительных отпусков не ограничивается.

На одном из образцов при повторных испытаниях допускаются пониженные значения относительного сужения и ударной вязкости /но не ниже 35% и 20% соответственно/, если среднее арифметическое значение этих характеристик по всем образцам соответствует нормам, указанным в таблице. В этом случае результаты повторных испытаний считаются удовлетворительными.

2.8. Определение твердости каждой заготовки производится по ГОСТ 9012–59.

(Примечание. Допускается измерение твердости переносным прибором.)

Назначение. Заготовки дисков, хвостовиков и других элементов сварных роторов паровых турбин атомных и тепловых электростанций (диаметр дисков до 1800 мм, диаметр хвостовиков до 1600 мм с толщиной полотна дисков до 660 мм).

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|---|---|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–800 | Поковки всех размеров ответственного назначения | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | До 100 | На воздухе |
| Заготовка | 1220–850 | остальные | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | |

| Свариваемость | Обработываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ с подогревом и последующей термообработкой; КТ | После закалки и отпуска при 229–269 НВ, σ _b = 635–700 Н/мм ² ; К _v = 0,6 (твердый сплав), К _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | Мало чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| 34ХМА | | Поковки — ГОСТ 8479–70, ОСТ 108.958.04–85, ТУ 108.13.32–88, ТУ 108.17.1050–78, ТУ 108.1028–81, ТУ 108.1029–81. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.958.04–85 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,30–0,40 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,90–1,30 | ≤ 0,50 | 0,20–0,30 | ≤ 0,30 | 755 | 800 | 695 | 750 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | КП | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 ОСТ 108.958.04–85 | Закалка | 850–870 | Масло | 100–300 | 275 | 530 | 17 | 38 | 34 | 275 | 156–197 | |
| | | | | 300–500 | 275 | 530 | 15 | 32 | 29 | 275 | 156–197 | |
| | Отпуск | 580–650 | Печь или воздух | До 100 | 315 | 570 | 17 | 38 | 39 | 315 | 167–207 | |
| | | | | 100–300 | 315 | 570 | 14 | 35 | 34 | 315 | 167–207 | |
| | | | | | 500 | 345 | 570 | 17 | 40 | 49 | — | 174–217 |
| | | | | | 500–800 | 345 | 590 | 12 | 33 | 39 | 345 | 174–217 |
| | | | | | 100–300 | 395 | 615 | 15 | 40 | 54 | 395 | 187–229 |
| | | | | | 300–500 | 395 | 615 | 13 | 35 | 49 | 395 | 187–229 |
| | | | | | 500–800 | 395 | 615 | 11 | 30 | 39 | 395 | 187–229 |
| | | | | | 100–300 | 440 | 635 | 14 | 40 | 54 | 440 | 197–235 |
| | | | | 300–500 | 440 | 635 | 13 | 35 | 49 | 440 | 197–235 | |
| | | | | 100–300 | 490 | 655 | 13 | 40 | 54 | 490 | 212–248 | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.13.32–88 | Закалка | 850–870 | Масло | 801–1100 | 345 | 590 | 12 | 33 | 39 | — | 174–217 | |
| | | | | 1101–1500 | 345 | 590 | 10 | 33 | 34 | — | — | |
| ТУ 108.17.1050–78 | Отпуск | 580–650 | Печь или воздух | До 100 | 490 | 657 | 16 | 45 | 59 | — | 212–248 | |
| | | | | 101–300 | 490 | 657 | 13 | 40 | 54 | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.1028–81 | Закалка | 850–870 | Масло | Диски | не менее или в пределах | | | | | | | |
| | | | | | Отпуск | 580–650 | Печь или воздух | Образцы тангенциальные | | | | |
| | | | | | | | | 392–589 | 589 | 17 | 40 | 39 |
| | | | | | 490–687 | 657 | 15 | 40 | 49 | 150 | — | |
| ТУ 108.1029–81 | Закалка | 850–870 | Масло | Валы и роторы | 343 | 569 | 17 | 40 | 39 | 180 | — | |
| | | | | | 490 | 638 | 15 | 40 | 59 | 150 | — | |
| | Отпуск | 580–650 | Печь или воздух | | Образцы тангенциальные | | | | | | | |
| | | | | | 324 | 540 | 13 | 32 | 39 | 150 | — | |
| | | | | | 461 | 608 | 11 | 32 | 44 | 120 | — | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Валы, роторы, диски паровых турбин и другие детали общего назначения для турбин и компрессоров, а также ответственные детали рабочих колес поворотного-лопастных турбин, рычаги, серьги, цапфы, пальцы, пружины, крепежные изделия. | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °С | | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | 300 | | — | | 1–2 | | | | |
| Точечная | | Вода деминерализованная | | 300 | | — | | Подвержена | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1240–800 | 1. Поковки энергетического машиностроения 700–1000 | | 1. Отжиг с перекристаллизацией (или нормализация), два переохлаждения, отпуск | | До 200 | | На воздухе | | | | |
| Заготовка | 1220–800 | 2. Поковки турбинных дисков, колес и покрышек до 450 | | 2. Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | 201–300 | | В яме | | | | |
| | | 3. Поковки общего машиностроения до 1000 | | 3. Отжиг низкотемпературный | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. | | | Нормализованное и отпущенное состояние при 178 НВ и σ _в = 570 Н/мм ² K _v = 1,0 (твердый сплав) | | | | Мало чувствительна | | | | | |
| Способы сварки: РД, РАД, АФ и ЭШ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------|-------------------------|-----|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| 35ХМ | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. Поковки — ГОСТ 8479–70, ОСТ 108.958.04–85. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С [1] | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn [4] |
| 0,32 – 0,40 | 0,17– 0,37 | 0,40– 0,70 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,80– 1,10 | ≤ 0,30 | 0,15– 0,25 | — | — | — | ≤ 0,30 | 755 | 800 | 700 | 750 | 350 |
| В готовом прокате и поковках при соблюдении норм механических свойств и других требований допускаются отклонения по химическому составу, которые должны соответствовать: С ± 0,01%; Si ± 0,02%; Cr ± 0,02%; Mn ± 0,02%. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | | | С печью | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 241 | | | | |
| | Закалка | 850 | Масло | До 80 | 835 | 930 | 12 | 45 | 78 | — | — | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 835 | 930 | 10 | 40 | 70 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | | | 560 | Вода или масло | Свыше 150 до 250 | 835 | 930 | 9 | 35 | 66 | — | — | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Нормализация | | | ПС | 300–500 | 245 | 470 | 17 | 35 | 34 | 143–179 | 245 | | | | |
| | | | | | 500–800 | 245 | 470 | 15 | 30 | 34 | — | — | | | | |
| | | | | | 100–300 | 275 | 530 | 17 | 38 | 34 | 156–197 | 275 | | | | |
| | | | | | 300–500 | 275 | 530 | 15 | 32 | 29 | — | — | | | | |
| | | | | | До 100 | 315 | 570 | 17 | 38 | 39 | 167–207 | 315 | | | | |
| | | | | | 100–300 | 315 | 570 | 14 | 35 | 34 | — | — | | | | |
| | Закалка Отпуск | | | ПС | До 100 | 345 | 590 | 18 | 45 | 59 | 174–217 | 345 | | | | |
| | | | | | 500–800 | 345 | 590 | 12 | 33 | 39 | 174–217 | 345 | | | | |
| | | | | | 100–300 | 395 | 615 | 15 | 40 | 54 | — | — | | | | |
| | | | | | 300–500 | 395 | 615 | 13 | 35 | 49 | 187–229 | 395 | | | | |
| | | | | | 500–800 | 395 | 615 | 11 | 30 | 39 | — | — | | | | |
| | | | | | До 100 | 440 | 635 | 16 | 45 | 59 | — | — | | | | |
| | | | | | 100–300 | 440 | 635 | 14 | 40 | 54 | 197–235 | 440 | | | | |
| | | | | | 300–500 | 440 | 635 | 13 | 35 | 49 | — | — | | | | |
| До 100 | 490 | 655 | 16 | 45 | 59 | 212–248 | 490 | | | | | | | | | |
| 100–300 | 490 | 655 | 13 | 40 | 54 | — | — | | | | | | | | | |
| До 100 | 590 | 735 | 14 | 45 | 59 | 235–277 | 590 | | | | | | | | | |
| Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| По механическим свойствам поковки, поставляемые после окончательной термической обработки, разделяются на категории прочности. Категории прочности, соответствующие им нормы механических свойств, определяемые при испытании на продольных образцах, и нормы твердости приведены в таблице. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Нормы твердости для поковок II и III групп и категории прочности для поковок IV и V групп устанавливаются по соглашению изготовителя с потребителем. Марка стали для всех групп устанавливается по соглашению изготовителя с потребителем и указывается на чертеже детали и поковки. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| По требованию потребителя временное сопротивление должно быть выше указанной в таблице для заданной категории прочности, не более: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 Н/мм ² при требуемом σ _b менее 600 Н/мм ² , | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 150 Н/мм ² при требуемом σ _b 600–900 Н/мм ² , | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 Н/мм ² при требуемом σ _b более 900 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Категория IV. Легированные стали | | | До 100 | не менее или в пределах | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | | | | 850–880 | Масло | Болты, шпильки, пробки и хомуты | | | | | | | | | |
| | Отпуск | | | | 560–650 | Воздух | 637–784 | 784 | 13 | 42 | 59 | — | 229–277 | | | |
| | | | | | Свыше 100 до 300 | | 637–784 | 784 | 12 | 38 | 49 | — | 229–277 | | | |
| | | | До 300 | | Гайки | | | | | — | 217–187 | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Указанный режим отпуска допускается уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°С. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Для старения стали с диаметром или стороной заготовки более 80 мм допускается снижение предела текучести на 20 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 35ХМ | | Механические свойства | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--------------------------------|---|-----------------------|---|------------------------------------|--|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|
| 4. Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта. | | | | | | | | | | | | |
| 5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше $10^4/\sigma_b$ (Н/мм ²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°С не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см ² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85. | | | | | | | | | | | | |
| Марка стали | НД | Предельные параметры | | | | | | | | | | |
| | | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | Гайки | | Шайбы | | | | | | |
| | | Температура среды, °С | Условное давление P_y , Н/мм ² | Температура среды, °С | Условное давление P_y , Н/мм ² | Температура среды, °С | Условное давление P_y , Н/мм ² | | | | | |
| 35ХМ | ГОСТ 4543–71 | До 450 | Не ограничено | До 510 | Не ограничено | — | — | | | | | |
| Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁵ | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | ПС | | | 425 | 333 | 284 | — | | | | | |
| | | | | 450 | 294 | 225 | 127 | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | не менее или в пределах | | | | | | |
| ГОСТ 23304–78 | Закалка | 850–880 | Масло или вода | До 200 | 20 | Болты, шпильки | | | | | | |
| | | | | | | 490–637 | 588 | 15 | 40 | 59 | 197–229 | 490 |
| | Отпуск | 560–650 | Воздух | До 100 | 20 | 343 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | 637–784 | 784 | 13 | 42 | 59 | 229–277 | 640 |
| | До 300 | 20 | 637–784 | 784 | 12 | 38 | 49 | 229–277 | 640 | | | |
| | | | 350 | 490 | — | — | — | — | — | — | | |
| Закалка | 850–880 | Масло | До 300 | 20 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | | |
| | | | | | 441–588 | 490 | 15 | 40 | 59 | 187–217 | 440 | |
| Отпуск | 560–650 | Воздух | 350 | 294 | — | — | — | — | — | — | — | |

Примечания.

- Для крепежных деталей из стали с диаметром или стороной заготовки более 80 мм допускается снижение предела текучести на 20 Н/мм².
- Допускается изготавливать сферические шайбы по ГОСТ 4543–71.
- При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , ψ , KCV соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%.
- Режимы отпуска и старения являются рекомендуемыми и могут назначаться по согласованию с головной материаловедческой организацией. Режимы закалки могут уточняться по согласованию с головной материаловедческой организацией.
- На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футорки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.
- В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин.

Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более.

Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3а контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.

7. Ультразвуковой контроль (УЗК) проводят на заготовках, прошедших окончательную термическую обработку. При проведении повторной полной термической обработки заготовок должен проводиться повторный УЗК. Для деталей, подвергаемых химико-термической обработке, УЗК проводят до химико-термической обработки.

8. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 490, КП 640; для гаек — с КП 440; для сферических шайб — по ГОСТ 4543–71.

| 35ХМ | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|---------|-----------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.958.04-85 | Закалка | 850-870 | Масло | 100 | 735-880 | 880 | 13 | 40 | 59 | — | 277-321 |
| | Отпуск | 600-650 | Воздух | 120 | 675-835 | 835 | 13 | 42 | 59 | — | 262-311 |
| | | | | 150 | 590-735 | 735 | 14 | 45 | 59 | — | 235-277 |
| [1, 4] | Закалка | 850-870 | Масло | Пруток | 1370 | 1570 | 12 | 38 | — | 45-53 | — |
| | Отпуск | 200-240 | Воздух | До 40 | | | | | | | |

Назначение. Болты, шпильки, пробки, хомуты с предельной температурой среды до 450°C (условное давление P_y , Н/мм², не ограничено), гайки с предельной температурой среды до 510°C (условное давление P_y , Н/мм², не ограничено). Крепежные детали (болты, гайки) для фланцевых соединений реакторов, корпусов насосов, валов, шестерни, шпиндели, шпильки, фланцы, болты, диски, покрывки, штоки и другие ответственные детали турбин, турбокомпрессоров, работающие в условиях больших нагрузок и скоростей при температуре до 450-500°C.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Коррозионная стойкость стали низкая.

Сталь перлитного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1, 4] | | | Термообработка | Mo, % (по массе) | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t _{отн} , °C [5] | | Термообработка |
|---|-------------|-----------------|--|------------------|---|-----|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | 550 | 600 | |
| 333 | — | — | $\sigma_{0,2} = 490$ Н/мм ² , $\sigma_b = 640$ Н/мм ² , 190-240 HB | 0,17 | 99 | 124 | Отпуск с печью |
| 588 | — | 10 ⁶ | Закалка 870°C. Отпуск 400°C. $\sigma_b = 1370$ Н/мм ² | 0,17 | 106 | 126 | Отпуск в масле |
| 441 | — | 10 ⁶ | Закалка 870°C. Отпуск 600°C. $\sigma_b = 980$ Н/мм ² | 0,38 | 92 | 115 | Отпуск с печью |
| 499 | — | — | $\sigma_b = 1030$ Н/мм ² . Диаметр заготовки 20 мм | 0,38 | 92 | 114 | Отпуск в масле |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HB |
|-----|----------------------|---------|-------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| [5] | Закалка | 850 | Масло | Пруток ø 25 | не менее | | | | | |
| | Отпуск | 560 | Вода, масло | | Образцы продольные | | | | | |
| | | | | | 850 | 1000 | 12 | 45 | 80 | 241 |
| | Закалка | 850-870 | Масло | | 680 | 800 | 13 | 45 | 60 | 229 |
| | Отпуск | 560-600 | Вода, масло | | 500 | 700 | 16 | 45 | 60 | 248 |

Механические свойства поковок при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HB | |
|-----|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | | | | Поковки | не менее | | | | | | |
| | | | | | Образцы продольные | | | | | | |
| | Нормализация | 860-880 | Воздух | | 200 | 500 | 700 | 16 | 45 | 60 | 217 |
| | Отпуск | 580-650 | Воздух | | 150 | 600 | 800 | 14 | 45 | 65 | 248 |
| | | | | | 200 | 710 | 900 | 13 | 42 | 65 | 277 |
| | | | 100 | 750 | 950 | 13 | 42 | 65 | 285 | | |

| 35ХМ | | Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------|---|-------------------|--------------------------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------|--|-------------------------|---------|---------|----|-------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| [4] | Закалка Отпуск | 860 | Масло Воздух | Пруток продоль- ные образцы | 20 | 770 | 880 | 22 | 66 | 189 | — | | | | |
| | | 650 | | | 400 | 570 | 730 | 23 | 71 | 167 | — | | | | |
| | | | | | | 450 | 550 | 670 | 23 | 78 | 134 | — | | | |
| | | | | | | 500 | 490 | 650 | 22 | 86 | 123 | — | | | |
| | | | | | | Закалка Отпуск | 860 650 | Масло Воздух | Диск ø 755–915 толщина 35–110 | Образец тангенциальный | | | | | 212–223 |
| | | | | | | | | | | 20 | 420–510 | 610–710 | 17 | 54–61 | |
| | | | | | | 400 | 390 | 550 | 17 | 64 | 78 | | | | |
| | | | | | | 500 | 355 | 440 | 18 | 74 | 59 | | | | |
| | | | | | | 550 | 335 | 400 | 18 | 75 | 56 | | | | |
| | | | | | | Втулка ø 115–400 | Образец продольный | | | | | | | | |
| | | | | | | 20 | 430–480 | 580–690 | 7 | 16–23 | 20 | | | | |
| | | | | | | 500 | 365 | 430 | 7 | 13–30 | 20 | | | | |
| Нормализация Отпуск | 880 650, 2 ч | Воздух Воздух | Пруток | 20 | 525 | 700 | 22 | 69 | 159 | 207 | | | | | |
| | | | | 400 | 420 | 650 | 26 | 75 | 149 | | | | | | |
| | | | | 450 | 400 | 540 | 24 | 80 | 136 | | | | | | |
| | | | | 600 | 385 | 470 | 25 | 84 | 121 | | | | | | |
| Отжиг | 860 | С печью | Пруток | 20 | 360 | 670 | 22 | 55 | 88 | 179 | | | | | |
| | | | | 400 | 300 | 650 | 26 | 75 | 115 | | | | | | |
| | | | | 450 | 270 | 550 | 27 | 81 | 114 | | | | | | |
| | | | | 500 | 265 | 480 | 29 | 85 | 141 | | | | | | |

| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [11] | Закалка Отпуск | 860 | Масло Воздух | Диск | 20 | 430–520 | 620–720 | 17–22 | 54–61 | 50–100 | 212–223 | |
| | | 650 | | | 200 | 430 | 620 | 16 | 52 | 110 | | |
| | | | | | | 300 | 400 | 600 | 16 | 51 | | 80 |
| | | | | | | 400 | 400 | 560 | 17 | 64 | | 80 |
| | | | | | | 450 | 400 | 530 | 16 | 68 | | 80 |
| | | | | | | 500 | 360 | 450 | 18 | 74 | | 60 |
| | | | | | | 550 | 340 | 400 | 18 | 75 | | 60 |
| | | | | | | 600 | 240 | 260 | 24 | 85 | | 70 |

| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|---|-------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|--|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4, 6] | Закалка Отпуск | 880 | Масло Воздух Воздух Воздух Воздух | Образцы | 1390 1310 1080 840 660 | 1570 1410 1200 930 730 | 9 10 15 19 20 | 44 50 54 63 70 | 49 59 88 147 196 | 450 400 350 270 220 | |
| | | 300 | | | | | | | | | |
| | | 400 | | | | | | | | | |
| | | 500 | | | | | | | | | |
| | | 600 | | | | | | | | | |
| | | 700 | | | | | | | | | |

| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [4] | ПС | | | 450 | 294 | 235 | 157 | 103 |
| | | | | 500 | 206 | 147 | 83 | 49 |
| [5] | ПС | | | 425 | 340 | 290 | — | 140 |
| | | | | 450 | 300 | 230 | — | 130 |
| | | | | 475 | 250 | 190 | — | — |
| | | | | 500 | 200 | 150 | — | 55 |
| | | | | 525 | 150 | 100 | — | — |
| | | | | 550 | 118 | 77 | 58 | 28 |

| 35ХМ | | Релаксационная стойкость стали | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------|-------|------------------------------------|--|-----|------|------|-------|------|-------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | σ ₀ , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ _r , Н/мм ² , за время τ, ч | | | | | | | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 5000 | 6000 | 10000 | |
| [5, 6] | Нормализация | 880 | Воздух | 450 | 150 | 98 | 85 | 83 | 75 | (71) | — | (58) | 207 |
| | Отпуск | 650, 2 ч | Воздух | 450 | 250 | 150 | 130 | 123 | 112 | (102) | — | (82) | |
| | Нормализация | 1000 | Воздух | 450 | 150 | 109 | 101 | 98 | 92 | (83) | — | (70) | 217 |
| | Отпуск | 650, 2 ч | Воздух | 450 | 250 | 182 | 171 | 162 | 149 | (132) | — | (105) | |
| | Закалка | 880 | Масло | 400 | 150 | 89 | 68 | 65 | 57 | (53) | — | (45) | 269 |
| | Отпуск | 650, 2 ч | Воздух | 400 | 250 | 138 | 106 | 99 | 84 | (77) | — | (64) | |
| | | | | 400 | 350 | 190 | 136 | 120 | 109 | (98) | — | (82) | |
| | | | | 450 | 150 | 83 | 66 | 61 | 54 | (47) | — | (33) | |
| | | | | 450 | 250 | 123 | 93 | 87 | 78 | (68) | — | (52) | |
| Закалка Отпуск | 880 550, 2 ч | Масло Воздух | 350 | 125 | 103 | 103 | 102 | — | 98 | — | — | 340 | |
| | | | 350 | 180 | 146 | 145 | 144 | — | 134 | — | — | | |
| | | | 350 | 245 | 208 | 200 | 198 | — | 186 | — | — | | |
| | | | 350 | 380 | 296 | 291 | 288 | — | 280 | — | — | | |
| | | | 400 | 120 | 95 | 90 | 87 | — | — | 72 | — | | |
| | | | 400 | 190 | 143 | 128 | 122 | — | — | 106 | — | | |
| | | | 400 | 240 | 190 | 170 | 163 | — | — | 138 | — | | |
| | | | 400 | 410 | 312 | 282 | 272 | — | — | 222 | — | | |

В скобках — экстраполированные значения.

Технологические характеристики [1, 6]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|---|----------------------------------|---|---|----------------------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1220–800 | Поковки всех размеров: ответственного назначения | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | До 100 | На воздухе |
| Заготовка | 1260–800 | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокеночувствительность | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и ЭШ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. КТ | | После закалки и отпуска при 212–249 НВ и σ _в = 660 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,72 (быстрорежущая сталь) | | Чувствительна | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| | | | | Не склонна | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|--|--------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|--------|-----------------------------------|-----------------|---|-----------------|--|
| 33ХС | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,29–0,37 | 1,00–1,40 | 0,30–0,60 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 1,30–1,60 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,30 | 755 | 830 | 715 | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | — | — | Свыше 5 | Не определяются | | | | — | ≤ 241 | | | |
| | Закалка | 920 | Вода или масло | До 80 | 685 | 880 | 13 | 50 | 78 | — | — | | |
| | Отпуск | 630 | Вода или масло | Свыше 80 до 150 | 685 | 880 | 11 | 45 | 70 | — | — | | |
| | | | | Свыше 150 | 685 | 880 | 10 | 40 | 66 | — | — | | |
| ДЦ | Закалка | 910 | Масло | Пруток | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 600–620 | Вода | 30 | 780 | 940 | 12 | 50 | 59 | — | 285 | | |
| | | | | 50 | 670 | 860 | 12 | 50 | 59 | — | 255 | | |
| | | | | 80 | 720 | 900 | 16 | 50 | 59 | — | 262 | | |
| | Закалка | 910 | Вода | 120 | 650 | 840 | 16 | 50 | 59 | — | — | | |
| | Отпуск | 600–620 | Вода | 160 | 510 | 720 | 16 | 50 | 59 | — | 212 | | |
| | | | | 200 | 410 | 670 | 16 | 50 | 59 | — | — | | |
| | | | | 240 | 390 | 670 | 16 | 50 | 59 | — | — | | |
| | Закалка | 900 | Масло | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 200 | Воздух | | 1610 | 1750 | 10 | 48 | 88 | — | 510 | | |
| | 320 | Воздух | | 1490 | 1640 | 10 | 49 | 78 | — | 470 | | | |
| | 400 | Воздух | — | 1340 | 1470 | 10 | 52 | 59 | — | 430 | | | |
| | 520 | Вода | | 1070 | 1180 | 14 | 59 | 88 | — | 350 | | | |
| | 600 | Вода | | 900 | 1110 | 18 | 63 | 118 | — | 300 | | | |
| Назначение. Улучшаемые детали пружинного типа сравнительно небольших сечений, от которых требуются высокая прочность, износостойкость и упругость, диски трения, муфты сцепления, балансиры, валы коробок скоростей и т.д. Коррозионная стойкость стали низкая. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 50 | - 80 | | | |
| 363 | — | σ _{0,2} = 690 Н/мм ² , σ _в = 880 Н/мм ² . | | | 59 | — | 44 | 35 | 29 | 24 | Нормализация 920°С. Отпуск 650°С. Закалка 910°С, масло. Отпуск 610°С, вода. | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1200–850 | — | | — | | | — | | — | | | | |
| Заготовка | | — | | — | | | — | | — | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД – необходимы подогрев и последующая термообработка. КТ – необходима последующая термообработка. | | | В отожженном состоянии при 229–269 НВ K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,4 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | Склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|---|-----------------|---|------------------------------------|--------------------|------|----------------------------------|------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 38ХС | | Поковки — ГОСТ 8479–70. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,34–0,42 | 1,00–1,40 | 0,30–0,60 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 1,30–1,60 | ≤ 0,30 | — | — | — | — | ≤ 0,30 | 763 | 810 | 680 | 755 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | — | — | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 255 | | | | | |
| | Закалка | 900 | Вода или масло | До 80 | 735 | 930 | 12 | 50 | 69 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 630 | Вода или масло | Свыше 80 до 150 | 735 | 930 | 10 | 45 | 62 | — | — | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка | — | — | До 100 | 590 | 735 | 14 | 45 | 59 | — | 235–277 | | | | | |
| | Отпуск | — | — | | 540 | 685 | 15 | 45 | 59 | — | 223–262 | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 880–930 | Вода или масло | Пруток До 80 | 685 | 835 | 13 | 45 | 59 | — | 257–302 | | | | | |
| | Отпуск | 650–680 | Вода или масло | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Валы, шестерни, муфты, пальцы и другие детали небольших размеров, к которым предъявляются требования высокой прочности, упругости и износостойкости, впускные клапаны тракторных двигателей. Коррозионная стойкость стали низкая. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | |
| 382 | — | σ _{0,2} = 730 Н/мм ² , σ _в = 930 Н/мм ² | | | 78 | — | 55 | 51 | — | 39 | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | Поковки общего машиностроения до 700 | Отжиг низкотемпературный | | | До 250 | На воздухе | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | 251–350 | В яме | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Необходимы подогрев и последующая термообработка. КТ – необходима последующая термообработка. | | | После закалки и отпуска при 250–300 НВ и σ _в = 780–800 Н/мм ² K _ν = 0,8 (твердый сплав), K _ν = 0,72 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Мало чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|---|-----------------|---|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|--|-----------------|-----|--|
| 40ХС | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ас ₁ | Ас ₃ | Аг ₁ | Аг ₃ | Мн | |
| 0,37–0,45 | 1,20–1,60 | 0,30–0,60 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 1,30–1,60 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,30 | 763 | 810 | 680 | 735 | 320 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | — | — | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 255 | | | |
| | Закалка | 900 | Вода или масло | До 80 | 1080 | 1230 | 12 | 40 | 34 | — | — | | | |
| | Отпуск | 540 | Вода или масло | Свыше 80 до 150 | 1080 | 1230 | 10 | 35 | 31 | — | — | | | |
| | | | | Свыше 150 | 1080 | 1230 | 9 | 30 | 29 | — | — | | | |
| Изотермическая закалка | 900–910 | В селитре при 330–350°С, затем на воздухе | До 80 | 1080 | 1230 | 12 | 40 | 49 | — | — | | | | |
| ДЦ | Закалка Отпуск | 900 640 | Масло Вода | Пруток | 800 | 960 | 19 | 62 | 122 | — | 270 | | | |
| | | | | 20 | 730 | 930 | 19 | 59 | 108 | — | 265 | | | |
| | | | | 40 | 700 | 870 | 19 | 54 | 88 | — | 250 | | | |
| | | | | 60 | 670 | 850 | 19 | 52 | 78 | — | 230 | | | |
| | Закалка Отпуск | 900 200 300 400 500 600 | Масло Воздух Воздух Воздух Воздух Воздух | — | 1670 | 1960 | 10 | 40 | 59 | — | 575 | | | |
| | | | | — | 1570 | 1810 | 10 | 43 | 29 | — | 530 | | | |
| | | | | — | 1370 | 1580 | 10 | 45 | 59 | — | 460 | | | |
| | | | | — | 1100 | 1320 | 11 | 50 | 60 | — | 380 | | | |
| | | | | — | 900 | 1030 | 16 | 55 | 78 | — | 320 | | | |
| | | | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Назначение. Валы, шестерни, муфты, пальцы и другие улучшаемые детали небольших размеров, к которым предъявляются требования высокой прочности, упругости, износостойкости. Коррозионная стойкость стали низкая. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | — | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | Отжиг 880°С. Закалка 900°С, масло. Отпуск 640°С. | | | |
| — | — | — | | | 78 | — | 55 | 51 | — | 39 | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1150–850 | Более 75 | Замедленное охлаждение | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД – необходимы подогрев и последующая термообработка. КТ – необходима последующая термообработка. | | После закалки и отпуска 250–300 HB и σ _B = 780–800 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,72 (быстрорежущая сталь) | | | | | Мало чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|--|----------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| 15ХФ | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,12–0,18 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | — | 0,06–0,12 | ≤ 0,30 | 741 | 843 | 704 | 788 | 435 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 4543-71 | Отжиг | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 187 | | | |
| | Закалка I | 880 | | До 80 | 540 | 740 | 13 | 50 | 78 | — | — | | | |
| | Закалка II | 760–810 | Вода или масло | Свыше 80 до 150 | 540 | 740 | 11 | 45 | 70 | — | — | | | |
| | Отпуск | 180 | Воздух или масло | Свыше 150 | 540 | 740 | 10 | 40 | 66 | — | — | | | |
| ДЦ | Цементация | 930, 12 ч | | Пруток 25 | 350–380 | 610–690 | 16–20 | 43–55 | 59–98 | Поверхности 58–62 | — | | | |
| | Нормализация | 875 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 800 | Масло | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 200 | | | | | | | | | | | | |
| | Цементация | 930, 12 ч | | Пруток 25 | 720–760 | 960–980 | 9–12 | 50–58 | 78–98 | Поверхности 58–62 | — | | | |
| | Закалка | 875 | Масло | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 840 | Масло | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 200 | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Зубчатые колеса, поршневые пальцы, распределительные валики, плунжеры, копиры, некрупные детали, подвергаемые цементации и закалке с низким отпуском. | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь мало склонна к росту зерна при нагреве. | | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость стали низкая. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | — | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | — | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1250–800 | Более 60 | | Медленное охлаждение | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | В отожженном состоянии при ≤ 200 HB K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 0,8 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | Мало склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|-------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|---------|----------------------------------|-------------------------|---|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 14ХГС | | Лист — ГОСТ 5520–79, ГОСТ 19281–89. Полоса, гнутые профили — ГОСТ 19281–89. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,11–0,16 | 0,40–0,70 | 0,90–1,30 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | 0,50–0,80 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | ГОСТ 5520–79 | 740 | 860 | — | — | 370 |
| 0,11–0,16 | 0,40–0,70 | 0,90–1,30 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | 0,50–0,80 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,012 | ≤ 0,30 | ГОСТ 19281–89 | ¹ Температура нагрева 920°С | | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520–79 | В горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | До 5 | 20 | 345 | 490 | 22 | — | — | — | — | — | | |
| | | | | От 5 до 10 | 20 | 345 | 490 | 22 | — | — | 29 | — | — | | |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | | | |
| | | | | Свыше 10 | 20 | 345 | 490 | 22 | — | — | 29 | — | — | | |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 34 | — | — | | | |
| От 4 до 10 | 20 | — | — | — | — | — | — | — | d=2a | — | | | | | |
| ГОСТ 19281–89 | Листовой и широкополосный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | До 10 | 20 | 345 | 490 | 21 | — | 64 | 29 | d=2a | — | | |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | | |
| | –70 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | | | |
| Гнутые профили в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | До 10 | 20 | 345 | 490 | 21 | — | — | — | d=2a | — | | | |
| Требования к механическим свойствам и ударной вязкости (за исключением KCV) листового проката установлены для поперечных образцов. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Лист толщиной до 10 мм для деталей котлов и трубопроводов пара и горячей воды, работающих под давлением при температуре до 350°С; кованные детали сосудов, предназначенные для эксплуатации при температурах от минус 50°С до плюс 380°С. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | | Термообработка листов | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | |
| — | — | — | | | 73–96 | — | 61–85 | 8–26 | — | — | Горячекатаные | | | | |
| | | | | | 120–125 | — | 76–87 | 62–85 | — | — | Отожженные | | | | |
| | | | | | 113–118 | — | 84–93 | 71–84 | — | — | Закалка с отпуском | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1250–850 | | — | | | — | | | — | | | — | | | |
| Заготовка | 1250–850 | | — | | | — | | | — | | | — | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД под флюсом и газовой защитой, ЭШ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. КТ — без ограничений | | | В горячекатаном состоянии при σ _b = 490 Н/мм ² K _v = 1,42 (твердый сплав), K _v = 1,12 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--|---------|---------|-----------|--------|----|---|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 20ХГСА | | Сортовой и фасонный прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,17–0,23 | 0,90–1,20 | 0,80–1,10 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | — | — | ≤ 0,30 | 755 | 840 | 690 | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | |
|--------------|----------------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|-------|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | — | — | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 207 | | | | | |
| | Закалка | 880 | Масло | До 80 | 635 | 780 | 12 | 45 | 69 | — | — | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 635 | 780 | 10 | 40 | 62 | | | | | | | |
| Отпуск | 500 | Вода или масло | Свыше 150 | 635 | 780 | 9 | 35 | 59 | | | | | | | | |

Назначение. Ходовые винты, оси, валы, червяки и другие детали, работающие в условиях износа и при знакопеременных нагрузках при температурах до 200°С.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------|---|---|-----|-----|-----|-----|---|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | +20 | 0 | -20 | -40 | -50 | -80 | |
| — | — | — | 80 | — | 68 | 64 | 51 | — | Нормализация при 880°С, охлаждение на воздухе; отпуск при 650°С; закалка с 880°С в масле; отпуск при 580–600°С. |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | | — | — | — | — |
| Заготовка | 1200–800 | — | — | — | — |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|---|
| Без ограничений – РД, РАД, АФ и КТ. ЭШ – требуется последующая термообработка. | При 149–207 НВ K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 25ХГСА | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. Лист толстый — ГОСТ 11269–76. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,22–0,28 | 0,90–1,20 | 0,80–1,10 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | — | — | ≤ 0,30 | 755 | 840 | 690 | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 217 | | |
| | Закалка | 880 | Масло | До 80 | 835 | 1080 | 10 | 40 | 59 | — | — | | |
| | Отпуск | 480 | Вода или масло | Свыше 80 до 150 | 835 | 1080 | 8 | 35 | 53 | — | — | | |
| ГОСТ 11269–76 | В состоянии поставки термообработанные | | | 4–60 | — | 490–690 | 21 | — | — | — | — | 149–207 | |
| | Закалка | 880 | Масло | Образцы | — | 1030 | 10 | — | 49 | — | — | | |
| | Отпуск | 470–550 | Вода или масло | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка Отпуск | 890 600 | Масло Вода | Центральная зона | | | | | | | | | |
| | | | | 30 | 520 | 690 | 25 | 67 | 183 | — | — | | |
| | | | | Центральная зона | | | | | | | | | |
| | | 80 | | 400 | 630 | 24 | 67 | 186 | — | — | | | |
| | | Центральная зона | | | | | | | | | | | |
| | | 200 | | 390 | 610 | 30 | 67 | 182 | — | — | | | |
| | Приповерхностная зона | | | | | | | | | | | | |
| | 200 | 450 | 700 | 28 | 67 | 171 | — | — | | | | | |
| | Закалка Отпуск | 890 600 | Через воду в масло Вода | Центральная зона | | | | | | | | | |
| | | | | 50 | 560 | 720 | 26 | 69 | 207 | — | — | | |
| | | | | Центральная зона | | | | | | | | | |
| | | | | 120 | 440 | 660 | 26 | 67 | 225 | — | — | | |
| | | | | Приповерхностная зона | | | | | | | | | |
| | | | | 120 | 550 | 720 | 21 | 67 | 198 | — | — | | |
| | | Центральная зона | | | | | | | | | | | |
| | | 160 | | 410 | 640 | 28 | 68 | 189 | — | — | | | |
| | | Приповерхностная зона | | | | | | | | | | | |
| | | 160 | | 520 | 710 | 24 | 67 | 211 | — | — | | | |
| | | Центральная зона | | | | | | | | | | | |
| | | 200 | | 390 | 630 | 29 | 66 | 183 | — | — | | | |
| Приповерхностная зона | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | 510 | 710 | 25 | 63 | 154 | — | — | | | | | | |
| Закалка Отпуск | 890 300 400 500 600 | Масло | 20–70 | 1320 | 1510 | 12 | 57 | 69 | 44 | — | | | |
| | | | | 1200 | 1270 | 12 | 59 | 69 | 42 | — | | | |
| | | | | 980 | 1080 | 17 | 60 | 127 | 35 | — | | | |
| | | | | 730 | 830 | 20 | 67 | 196 | 25 | — | | | |

| 25ХГСА | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--------------------|---|---|------|--------------------|----------------------------------|------|------|--|
| Назначение. Оси, валы, шестерни, червяки, ходовые винты, шатуны, коленвалы, штоки и другие ответственные сварные и штамповочные детали, применяемые в улучшенном состоянии. | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | |
| 534 | — | 10 ⁷ | Закалка. Отпуск 200°С. $\sigma_b = 1590$ Н/мм ² . | 183 | — | 160 | 132 | 78 | — | Закалка 890°С, масло. Отпуск 600°С, воздух. |
| 509 | — | 10 ⁷ | Закалка. Отпуск 400°С. $\sigma_b = 1430$ Н/мм ² . | | | | | | | |
| 402 | — | 10 ⁷ | Закалка. Отпуск 600°С. $\sigma_b = 870$ Н/мм ² . | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1180–850 | — | — | | | — | — | | | |
| Заготовка | | — | — | | | — | — | | | |
| Прокаливаемость | | | | | | | | | | |
| Расстояние от торца, мм (закалка 870°С) | 1,5 | 3,0 | 6,0 | 9,0 | 12,0 | 18,0 | 24,0 | 30,0 | 36,0 | 42,0 |
| HRC | 52,0 | 52,0 | 50,5 | 49,0 | 44,5 | 40,5 | 38,5 | 36,5 | 35,5 | 35,0 |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | |
| Сваривается без ограничений. | | | При 228–262 НВ и $\sigma_b = 780\text{--}900$ Н/мм ² $K_v = 0,8$ (твердый сплав), $K_v = 0,72$ (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | |
| | | | | | | | Склонна | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|--|--|-------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------|-----------------------------------|--|-----------------|-----------------|
| 30ХГС, 30ХГСА | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. Поковки — ГОСТ 8479–70. Трубы — ГОСТ 8731–74, ГОСТ 8733–74. Лист — ГОСТ 11268–76, ГОСТ 11269–76. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | Марка стали | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,28–0,35 | 0,90–1,20 | 0,80–1,10 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | 30ХГС | 760 | 830 | 670 | 705 |
| 0,28–0,34 | 0,90–1,20 | 0,80–1,10 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | 30ХГСА | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 830–850 | С печью | Свыше 5 | Не определяются | | | | — | ≤ 229 | | |
| | Закалка Отпуск | 880 540 | Масло Вода или масло | До 80 | 835 | 1080 | 10 | 45 | 49 44 ¹ | — | — | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 835 | 1080 | 8 | 40 | 44 40 ¹ | — | — | |
| | | | | Свыше 150 | 835 | 1080 | 7 | 35 | 42 37 ¹ | — | — | |
| ГОСТ 8479–70 | Нормализация | ПС | | До 100 ¹ | 395 | 615 | 17 | 45 | 59 | — | 187–229 | |
| | Закалка Отпуск | ПС | | До 100 | 490 | 655 | 16 | 45 | 59 | — | 212–248 | |
| | | | | 100–300 | 490 | 655 | 13 | 40 | 54 | — | 212–248 | |
| | | | | До 100 | 540 | 685 | 15 | 45 | 59 | — | 223–262 | |
| | | | | До 100 | 590 | 735 | 14 | 45 | 59 | — | 235–277 | |
| | | | | 100–300 | 590 | 735 | 13 | 40 | 54 | — | 235–277 | |
| До 100 | 640 | 785 | 13 | 42 | 59 | — | 248–293 | | | | | |
| До 100 | 685 | 835 | 13 | 42 | 59 | — | 262–311 | | | | | |
| ГОСТ 8731–74 | В состоянии поставки (термообработанные) | | | | — | 686 | 11 | — | — | — | — | |
| ГОСТ 8733–74 | В состоянии поставки (термообработанные) | | | | — | 491 | 18 | — | — | — | 229 | |
| ГОСТ 11268–76 | В состоянии поставки (термообработанные) | | | До 3,9 | — | 490–740 | 20 | — | — | — | — | |
| | Закалка Отпуск | 880 480–570 | Масло Масло | До 3,9 | — | 1080 | 10 | — | — | — | — | |
| [1] | Закалка Отпуск | 860–880 200–250 | Масло Воздух | До 30 | 1275 | 1470 | 7 | 40 | — | 42–50 | — | |
| | Закалка Отпуск | 860–880 540–560 | Масло Масло или вода | До 60 | 685 | 880 | 9 | 45 | 59 | — | ≥ 225 | |
| ¹ Данные стали 30ХГС. | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Ответственные сварные конструкции, работающие при знакопеременных нагрузках, крепежные детали, работающие в условиях низких температур. Горны пильгерстанов, валы, оси, зубчатые колеса, тормозные ленты моторов, фланцы, корпуса обшивки, лопатки компрессорных машин, работающие при температуре до 200°С в условиях значительных нагрузжений, рычаги, толкатели и др. | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | | | |
| 696 | — | Закалка с 870°С, отпуск при 200°С | | 69 | — | 55 | 41 | 34 | 23 | Закалка с 880°С в масле, отпуск при 580–600°С, σ _в = 1000 Н/мм ² . | | |
| 637 | — | Закалка с 870°С, отпуск при 400°С | | | | | | | | | | |
| 470 | — | Закалка с 870°С, отпуск при 600°С | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| [4] | Сталь 30ХГС | | | Образец прокатанный φ 5 длина 5 | 20 | 950 | 1050 | 13 | 56 | 63 | — | |
| | Закалка Отпуск | 880 560 | Масло Воздух | | 250 | 840 | 1000 | 13 | 48 | 126 | — | |
| | | | | | 300 | 820 | 950 | 11 | 60 | 124 | — | |
| | | | | | 400 | 780 | 900 | 16 | 69 | 94 | — | |
| | | | | | 500 | 650 | 690 | 21 | 84 | 72 | — | |
| | Скорость деформирования 2 мм/мин Скорость деформации 0,0013 1/с | | | 700 | — | 175 | 69 | 61 | — | — | | |
| | | | | 800 | — | 85 | 62 | 75 | — | — | | |
| | | | | 900 | — | 53 | 84 | 90 | — | — | | |
| | | | | 1000 | — | 37 | 71 | 90 | — | — | | |
| | | | | 1100 | — | 21 | 69 | 90 | — | — | | |
| | | | 1200 | — | 10 | 85 | 90 | — | — | | | |

| 30ХГС, 30ХГСА | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------------------|---------------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Сталь 30ХГСА | | | Пруток | 300 | 820 | 980 | 11 | — | 127 | — |
| | Закалка | 880 | Масло | | 400 | 780 | 900 | 16 | 69 | 98 | — |
| | Отпуск | 560 | Воздух | | 500 | 640 | 690 | 21 | 84 | 78 | — |
| | | | | | 550 | 490 | 540 | 27 | 84 | 64 | — |
| | Скорость деформирования 2 мм/мин Скорость деформации 0,0013 1/с | | | Образец прокатанный Ø 5 длина 5 | 700 | — | 175 | 59 | 51 | — | — |
| | | | | | 800 | — | 85 | 62 | 75 | — | — |
| | | | | | 900 | — | 53 | 84 | 90 | — | — |
| | | | 1000 | — | 37 | 71 | 90 | — | — | — | |
| | | | 1100 | — | 21 | 59 | 90 | — | — | — | |
| | | | 1200 | — | 10 | 85 | 90 | — | — | — | |

| Механические свойства в зависимости от сечения | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее |
| [4] | Сталь 30ХГС | | | 40 | 820 | 930 | 12 | 51 | 69 | 275 | |
| | Закалка | 880 | Масло | 80 | 730 | 860 | 14 | 50 | 78 | 250 | |
| | Отпуск | 600 | Вода | 120 | 670 | 820 | 14 | 50 | 78 | 235 | |
| | | | | 160 | 580 | 750 | 14 | 50 | 78 | 210 | |
| | | | | 180 | 510 | 710 | 13 | 45 | 49 | 200 | |

| Механические свойства в зависимости от сечения | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|----------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее |
| [4] | Сталь 30ХГСА | | | 30 | 880 | 1000 | 12 | 50 | 69 | — | |
| | Закалка | 880 | Масло | 60 | 760 | 880 | 14 | 50 | 69 | — | |
| | Отпуск | 600 | Вода | 80 | 740 | 860 | 14 | 50 | 78 | — | |
| | | | | 120 | 670 | 820 | 14 | 50 | 78 | — | |
| | | | | 160 | 590 | 740 | 14 | 60 | 78 | — | |
| | | | | 200 | 530 | 720 | 14 | 45 | 59 | — | |
| | | | 240 | 490 | 710 | 14 | 46 | 59 | — | | |

| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|----------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{отп} , °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Сталь 30ХГС | | | Пруток Ø 20–70 | 200 | 1570 | 1700 | 11 | 44 | 88 | — |
| | Закалка | 880 | Масло | | 300 | 1520 | 1630 | 11 | 54 | 69 | — |
| | Отпуск | | | | 400 | 1320 | 1420 | 12 | 56 | 49 | — |
| | | | | | 500 | 1140 | 1220 | 15 | 56 | 78 | — |
| | | | | | 600 | 940 | 1040 | 19 | 62 | 137 | — |
| | | | | | | | | | | | |
| [4] | Сталь 30ХГСА | | | Пруток Ø 20–70 | 200 | 1570 | 1700 | 11 | 44 | 88 | 487 |
| | Закалка | 880 | Масло | | 300 | 1520 | 1630 | 11 | 54 | 69 | 470 |
| | Отпуск | | | | 400 | 1320 | 1420 | 12 | 56 | 49 | 412 |
| | | | | | 500 | 1140 | 1220 | 15 | 56 | 78 | 362 |
| | | | | | 600 | 940 | 1040 | 19 | 62 | 137 | 300 |
| | | | | | | | | | | | |

| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|--|--------------------|-----------------------|--|--|--|--|--|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1240–800 | До 50 | В штабелях на воздухе | | До 50 | В штабелях на воздухе | | | | | |
| | | 51–100 | В ящиках | | | | | | | | |
| Заготовка | 1240–800 | 101–700 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | 51–100 | В ящиках | | | | | |

| Свариваемость | Обработываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ; рекомендуются подогрев и последующая термообработка; КТ — без ограничений | В горячекатаном состоянии при 216–229 НВ и $\sigma_b = 780$ Н/мм ² $K_v = 0,7$ (твердый сплав), $K_v = 0,5$ (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|--|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|---------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| 35ХГСА | | Поковки — ГОСТ 8479–70. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,32–0,39 | 1,10–1,40 | 0,80–1,10 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,10–1,40 | ≤ 0,30 | — | — | — | — | ≤ 0,30 | 760 | 830 | 670 | 705 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 840–860 | С печью | Свыше 5 | не менее | | | | | | — | ≤ 241 | | | | |
| | Изотермическая закалка | 880 | В смеси калиевой и натриевой селитры при 280–310°С | До 80 Свыше 80 до 150 Свыше 150 | 1275 | 1620 | 9 | 40 | 39 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 280–310 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка I | 950 | Масло | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка II | 890 | Масло | | | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | 230 | Воздух или масло | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка | 880–900 | Масло | До 100 | 640 | 785 | 13 | 42 | 59 | — | 248–293 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Отпуск | 600–650 | Воздух | 100–300 | 590 |
| | | | | | 540 | 685 | 13 | 40 | 49 | — | 223–262 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 490 |

Назначение. Фланцы, кулачки, пальцы, корпуса, лопатки компрессорных машин, работающие при температурах до 200°С, валики, рычаги, оси, валы, скобы, тормозные ленты, толкатели, вилки, детали сварных конструкций и другие детали сложной конфигурации, работающие в условиях знакопеременных нагрузок, к которым предъявляются требования высокой или повышенной прочности и износостойкости.

| Механические свойства в зависимости от сечения заготовок | | | | | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | Термообработка |
|--|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-----|---|---|------|------|------|---|
| Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | HB | Термообработка | + 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| 20 | 1000 | 1100 | 12 | 54 | 322 | Закалка 880°С, масло. Отпуск 500°С, вода. | 56 | 49 | 39 | — | Закалка 880°С, масло. Отпуск 200°С, воздух. |
| 40 | 940 | 1080 | 11 | 50 | 310 | | — | 49 | 39 | — | Закалка 880°С, масло. Отпуск 300°С, воздух. |
| 60 | 860 | 960 | 11 | 46 | 270 | | — | 39 | 29 | — | Закалка 880°С, масло. Отпуск 400°С, воздух. |
| 40 | 810 | 970 | 14 | 58 | 280 | Закалка 880°С, масло. Отпуск 600°С, вода. | — | 62 | 53 | — | Изотермическая закалка 880°С, селитра 300°С. Отпуск 300°С, 1 ч, воздух. |
| 60 | 780 | 880 | 13 | 58 | 250 | | — | 48 | 37 | — | Изотермическая закалка 880°С, селитра 300°С. Отпуск 400°С, 1 ч, воздух. |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–800 | | | До 100 | На воздухе |
| Заготовка | 1250–830 | | | 101–200 | В мульде |
| | | | | 201–300 | С печью |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ. Рекомендуется подогрев и требуется последующая термообработка. КТ – без ограничений. | В горячекатаном состоянии при ≤ 241 HB и σ _в = 710 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,75 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---|---|------------------------------------|-----------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 25ХГМ | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,23–0,29 | 0,17–0,37 | 0,90–1,20 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,90–1,20 | ≤ 0,30 | 0,20–0,30 | — | — | — | ≤ 0,30 | 740–760 | 900 | — | — | 390–420 |
| ¹ Температура нагрева 940°С. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543-71 | Закалка Отпуск | 845–875 170–230 | Масло Воздух | До 80 | 1080 | 1180 | 10 | 45 | 78 | — | — | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 1080 | 1180 | 8 | 40 | 70 | | | | | | | |
| | | | | Свыше 150 | 1080 | 1180 | 7 | 35 | 66 | | | | | | | |
| ДЦ | Нитроцементация Закалка Отпуск | 860–880 860–880 180–200 | Масло Воздух | Прутки | Не определяются | | | | | Поверхности 50–60 | Сердцевины HRC 30–40 | | | | | |
| | | | | 25–60 | Не определяются | | | | | | | | | | | |
| | | | | Не определяются | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Сильно нагруженные валы, шестерни, втулки, зубчатые колеса и другие детали, работающие при повышенных давлениях. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость низкая. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | — | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | Закалка 830°С, масло. Отпуск 200°С, воздух. | | | | | |
| — | — | — | | | 65 | 64 | 62 | 62 | 55 | — | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток | 1220–850 | До 50 | | На воздухе | | До 50 | | На воздухе | | | | | | | | |
| Заготовка | 1180–800 | 51–180 | | В колодце | | 51–180 | | В колодце | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | | | В горячекатаном состоянии при 205–215 HB и σ _b = 730 Н/мм ² K _v = 0,75 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонна | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 40ХГМА | | Сортовой прокат — ТУ 14-105-624-99. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С [28] | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Mo | | Ac₁ | Ac₃ | Ar₁ | Ar₃ | Mn |
| 0,40–0,45 | 0,17–0,37 | 0,80–1,00 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,90–1,30 | ≤ 0,30 | — | 0,20–0,30 | ТУ 14-105-624-99 ¹ | 725 | 785 | — | — | 310 |
| 0,40–0,45 | 0,17–0,37 | 0,90–1,20 | ≤ 0,030 | ≤ 0,035 | 0,90–1,20 | ≤ 0,40 | ≤ 0,25 | 0,20–0,30 | [39] | Температура нагрева 850°С | | | | |
| ¹ Предельные отклонения по химическому составу в готовой стали. | | | | | | | | | Состав стали: 0,45% С; 0,37% Si; 0,90% Cr; 0,90% Mn; 0,30% Ni; 0,22% Mo | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|------------------|----------------------|---------|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-105-624-99 | Нормализация | 850–880 | Воздух | ø 16; 19; 22,2; 25,4 | 600 | 800 | 10 | 45 | 90 | — | — |
| | Отпуск | 650 | Воздух | | | | | | | | |
| [39] | Закалка | 850 | Масло | До 60 ² | 800 | 1000 | 10 | 45 | 90 | — | 241 |
| | Отпуск | 600 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | ПС | | до 200 | Образцы продольные | | | | | | |
| | Отпуск | | | | 580 | 750 | 15 | 40 | 40 | — | 230–280 |
| | | | | | 201–300 | 550 | 700 | 14 | 35 | 40 | — |
| | | 301–500 | 450 | 650 | 14 | 35 | 30 | — | 220–260 | | |
| Отжиг | ПС | | до 500 | 320 | 600 | 10 | 35 | — | — | ≤ 217 | |

² При испытании стали размером более 60 мм до 100 мм допускается понижение удлинения на 1% и сужения на 5% против норм, указанных в таблице. Для стали размером 100–150 мм допускается понижение удлинения на 2% и сужения на 10% соответственно.

Назначение. Для деталей насосов АЭС, штанг насосных и муфт штанговых, применяемых при добыче нефти глубинными штанговыми насосами.

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–900 | До 350 | В яме | До 350 | На воздухе |
| Заготовка | 1200–900 | | | 251–300 | В яме |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|---|
| Ограниченно (трудно) свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | После закалки и отпуска при ≤ 241 HB K _v = 0,6 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|---|---|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|--------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 18ХГТ | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71, ТУ 14-1-4518-88. Фасонный прокат — ТУ 14-1-1271-75. Поковки — ТУ 302.02.038-89. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,17-0,23 | 0,17-0,37 | 0,80-1,10 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 1,00-1,30 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | — | 0,03-0,09 | ≤ 0,30 | 740 | 825 | 650 | 730 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543-71 | Отжиг или отпуск | | | Свыше 5 до 250 | не менее | | | | | — | ≤ 217 | | | | |
| | Нормализация | 880-950 | Воздух | До 80 | 885 | 980 | 9 | 50 | 78 | — | — | | | | |
| | Закалка | 855-885 | Масло | Свыше 80 до 150 | 885 | 980 | 7 | 45 | 70 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 150-250 | Воздух или вода | Свыше 150 до 250 | 885 | 980 | 6 | 40 | 66 | — | — | | | | |
| ТУ 302.02.038-89 | В термически обработанном состоянии | | | До 100 | 395 | 615 | 18 | 45 | 59 | — | — | | | | |
| ДЦ | Цементация | 920-950 | Воздух | До 20 ¹ | 950 | 1200 | 10 | 50 | 80 | Поверхности 56-62 | Сердцевины ≥ 341 | | | | |
| | Закалка | 820-860 | Масло | 20-60 ¹ | 800 | 1000 | 9 | 50 | 80 | Поверхности 56-62 | Сердцевины 240-300 | | | | |
| | Отпуск | 180-200 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 910 | Масло | — | — | — | — | — | — | Поверхности 55-59 | — | | | | |
| | Отпуск | 570 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| Азотирование ² | 500-520 | С печью до 150°C | | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Механические свойства сердцевины ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются. | | | | | | | | | | | | | | | |
| ² Диссоциация аммиака 15-20%. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Шестерни, червяки, шлицевые валы, втулки, кулачковые муфты, направляющие, шкворни, пальцы, валики и другие ответственные нагруженные детали, от которых требуются повышенная прочность и вязкость сердцевины и высокая поверхностная твердость, работающие под действием ударных нагрузок. После азотирования — ходовые винты, гильзы и другие детали, к которым предъявляются требования высокой износостойкости и минимальной деформации при термообработке. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Сечение, мм | σ _r , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | KCU, Дж/см ² | HB | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | |
| 490 | 294 | 50 | 780 | 980 | 80 | 240-300 | 114 | — | 101 | 93 | 85 | — | — | | |
| — | 480 | Нормализация. | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1220-800 | До 100 | | В яме с закрытой крышкой | | До 250 | | На воздухе | | | | | | | |
| Заготовка | 1200-800 | 101-200 | | В яме с песком | | 251-350 | | В яме | | | | | | | |
| | | 201-800 | | Нормализация и отпуск | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | | | | |
| Сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. | | | После нормализации при 156-159 НВ и σ _b = 540 Н/мм ² K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 1,0 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | |
| | | | | | | | Мало склонна | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|---------------------------------|---------|---------|-----------|--------|----|---|---|-----------|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
| 25ХГТ | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,22–0,29 | 0,17–0,37 | 0,80–1,10 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 1,00–1,30 | ≤ 0,30 | — | — | — | 0,03–0,09 | ≤ 0,30 | 770 | 825 | 660 | 740 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
|--------------|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------|------|-------------------------|-----|-------|----------|----|----|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | — | — | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 217 | | | | | |
| | Нормализация | 880–950 | Воздух | До 80 | 980 | 1270 | 10 | 50 | 69 | — | — | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 980 | 1270 | 8 | 45 | 62 | | | | | | | |
| | Отпуск | 200 | Вода, масло или воздух | Свыше 150 | 980 | 1270 | 7 | 40 | 59 | — | — | | | | | |
| | Нормализация | 880–950 | Воздух | До 80 | 1080 | 1470 | 9 | 45 | 59 | | | | | | | |
| | | | | Закалка | 850 | Масло | Свыше 80 до 150 | 1080 | 1470 | | | 7 | 40 | 53 | | |
| Отпуск | 200 | Вода, масло или воздух | Свыше 150 | 1080 | 1470 | 6 | 35 | 49 | | | | | | | | |

Назначение. Нагруженные зубчатые колеса и другие детали, твердость которых более 58 HRC.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1220–800 | | | 81–200 | В зольниках |
| Заготовка | | | | > 200 | В печах |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. Требуется последующая термообработка. | После нормализации при 364 НВ, σ _в = 880 Н/мм ² , К _v = 0,45 (твердый сплав), К _v = 0,25 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|---|--------------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|------------------|---|-----------------|-----------------|--|
| 30ХГТ | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. Поковки — ГОСТ 8479–70, ТУ 302.02.038–89. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,24–0,32 | 0,17–0,37 | 0,80–1,10 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 1,00–1,30 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | — | 0,03–0,09 | ≤ 0,30 | 770 | 825 | 660 | 740 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг или отпуск | — | — | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 229 | | | | | |
| | Закалка I | 880–950 | Воздух | До 80 | 1275 | 1470 | 9 | 40 | 59 | — | — | | | | | |
| | Закалка II | 835–865 | Масло | Свыше 80 до 150 | 1275 | 1470 | 7 | 35 | 54 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 150–250 | Вода или масло | Свыше 150 до 250 | 1275 | 1470 | 6 | 30 | 50 | — | — | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка | 830–850 | Масло | До 100 | 685 | 835 | 13 | 42 | 59 | — | 262–311 | | | | | |
| | Отпуск | 180–200 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 302.02.038–89 | В термически обработанном состоянии | | | До 100 | 685 | 835 | 13 | 42 | 59 | — | — | | | | | |
| ДЦ | Цементация | 920–950 | Масло | До 80 ¹ | 800 | 1100 | 12 | 35 | 60 | Поверхности 56–62 | Сердцевины ≥ 300 | | | | | |
| | Закалка | 840–860 | | 100 ¹ | 750 | 900 | 12 | 35 | 60 | | Сердцевины ≥ 270 | | | | | |
| | Отпуск | 180–200 | | Воздух | 150 ¹ | 700 | 850 | 12 | 30 | | 50 | Сердцевины ≥ 240 | | | | |
| ¹ Механические свойства сердцевин ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Шестерни, червяки, валы, втулки и другие детали, от которых требуется высокая прочность и вязкость сердцевин и высокая поверхностная твердость, работающие при больших скоростях и повышенных давлениях под действием ударных нагрузок. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь имеет более высокую прочность сердцевин и контактную усталостную прочность цементованного слоя, но несколько пониженную ударную вязкость по сравнению со сталью марки 18ХГТ. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | KCU, Дж/см ² | HB | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | |
| 490 | 294 | 60 | 780 | 980 | 60 | ≥ 300 | | | | | | | | | | |
| 461 | 274 | 120 | 730 | 920 | 60 | 270–300 | 61 | — | 57 | 56 | 54 | — | Закалка 850°С, масло. Отпуск 200°С, воздух. | | | |
| 441 | 265 | 150 | 700 | 870 | 50 | 240–270 | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | | | | | | | 81–200 | | В зольниках | | | | | | | |
| Заготовка | 1220–800 | | | | | | > 200 | | В печах | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. | | | | После нормализации при 364 НВ, σ _b = 880 Н/мм ² | | | | Не чувствительна | | | | | | | | |
| Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. | | | | K _v = 0,45 (твердый сплав), | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | |
| Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | | K _v = 0,25 (быстрорежущая сталь) | | | | Склонна | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|--------------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|--|----------------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------|--|-----------------|-----------------|
| 20ХГР | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71, ТУ 14–1–4518–88. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | W | B | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,18–0,24 | 0,17–0,37 | 0,70–1,00 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,75–1,05 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | — | По расчету 0,005 | ≤ 0,30 | 735 | 835 | 670 | 760 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 850–870 | С печью | Свыше 5 до 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 197 | | | | |
| | Закалка | 865–895 | Масло | До 80 | 785 | 980 | 9 | 50 | 78 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 150–250 | Воздух или масло | Свыше 80 до 150 | 785 | 980 | 7 | 45 | 70 | — | — | | | | |
| ДЦ | Цементация ¹ | 920–950 | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 820–840 | Масло | | Не определяются | | | | | Поверхности 56–62 | Сердцевинные ≤ 321 | | | | |
| | Отпуск | 180–200 | Воздух или масло | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Охлаждение замедленное в колодах или в цементационных ящиках. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Зубчатые колеса, вал-шестерни, червяки, кулачковые муфты, валики, пальцы, втулки и другие цементуемые детали, работающие в условиях ударных нагрузок. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | KCU, Дж/см ² | HB | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | |
| 608 | 304 | 50 | 1080 | 1150 | 60 | ≥ 340 | 62 | 61 | 62 | 63 | 61 | 62 | Закалка с 860°С в масле, отпуск при 200°С, охлаждение в масле; HRC = 45. | | |
| 510 | 304 | 100 | 870 | 980 | 110 | ≥ 300 | 128 | 133 | 112 | 122 | 119 | 91 | Закалка с 860°С в масле, отпуск при 500°С, охлаждение в масле; HRC = 31. | | |
| 500 | 304 | 150 | 830 | 980 | 100 | ≥ 286 | Химический состав: С – 0,23%; Cr – 0,99%; Ni – 1,17%; В – 0,0017%; Ti – 0,03%. | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1150–800 | | | | | Свыше 75 | | | | Замедленное | | | | | |
| Заготовка | 1150–800 | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. | | | | После нормализации при 156–159 HB и σ _b = 540 Н/мм ² K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 1,0 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | Мало склонна | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|---------------------------------|---------|---------|-----------|--------|----|---------|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 27ХГР | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов¹, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,25–0,31 | 0,17–0,37 | 0,70–1,00 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,70–1,00 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,008 | ≤ 0,30 | 715 | 760 | 620 | 660 |
| ¹ Допускается технологическая добавка Ti по расчету (без учета угара) до 0,06%. Бор вводится по расчету (без учета угара) в количестве не более 0,005%; при этом остаточная массовая доля его в стали должна быть не менее 0,001%. | | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|---------|-------------------|------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 850–870 | С печью | До 250 | Не определяются | | | | | — | ≤ 217 |
| | Закалка | 870 | Масло | До 80 | 1175 | 1370 | 8 | 45 | 59 | — | — |
| | Отпуск | 200 | Воздух | Свыше 80 до 150 | 1175 | 1370 | 6 | 40 | 53 | | |
| | | | | Свыше 150 до 250 | 1175 | 1370 | 5 | 35 | 50 | | |

Назначение. Для нагруженных крупных деталей: шестерни, валы–шестерни, червяки, кулачковые муфты, валики, пальцы, втулки и др.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | |
|--|-----------------|----------------|---|----|------|------|------|----------------|--|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | – 80 |
| — | — | — | 85 | 82 | 79 | 77 | 74 | — | Закалка 860°С, масло. Отпуск 200°С, масло. |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1150–800 | | | Свыше 80 | Замедленное |
| Заготовка | 1150–800 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|---|
| Ограниченно свариваемая. Способ сварки: РД. | В горячекатаном состоянии при 205–217 НВ K _v = 0,75 (твердый сплав), K _v = 0,60 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--|--|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------------------|-----------|-----------------|-------------|
| 12X1MФ (ЭИ 575), 12X1MФ-ПВ | | Лист — ГОСТ 5520-79, ТУ 14-1-687-73, ТУ 14-1-1584-75, ТУ 108-1273-84. Сортовой прокат — ГОСТ 20072-74. Крепежные детали — ГОСТ 20700-75. Поковки — ОСТ 108.030.113-87, ТУ 108.17.1050-78. Трубы — ТУ 14-3P-55-2001, ТУ 14-3-341-75, ТУ 14-3-825-79, ТУ 108-754-78. Трубная заготовка — ТУ 14-1-1529-93, ТУ 14-1-2560-78, ТУ 108.11.653-82, ТУ 108-938-80. Прутки — ТУ 14-1-1397-75, ТУ 14-1-3987-85. | | | | | | | | | | | |
| | | Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | НД | Марка стали |
| | | C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | | |
| | | 0,08-0,15 | 0,17-0,37 | 0,40-0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,90-1,20 | ≤ 0,30 | 0,25-0,35 | 0,15-0,30 | ≤ 0,20 | ГОСТ 5520-79 | 12X1MФ |
| | | 0,10-0,15 | 0,17-0,37 | 0,40-0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 0,90-1,20 | ≤ 0,30 | 0,25-0,35 | 0,15-0,30 | ≤ 0,20 | ГОСТ 20072-74 | |
| | | 0,10-0,15 | 0,17-0,37 | 0,40-0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,90-1,20 | ≤ 0,30 | 0,25-0,35 | 0,15-0,30 | ≤ 0,30 | ТУ 14-1-3987-85 | |
| 0,10-0,15 | 0,17-0,37 | 0,40-0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 0,90-1,20 | ≤ 0,25 | 0,25-0,35 | 0,15-0,30 | ≤ 0,20 | ТУ 14-3P-55-2001 | | | |
| 0,11-0,15 | 0,17-0,37 | 0,40-0,70 | ≤ 0,015 | ≤ 0,015 | 0,90-1,20 | ≤ 0,15 | 0,25-0,35 | 0,15-0,30 | ≤ 0,15 | ТУ 14-3P-55-2001 | 12X1MФ-ПВ | | |
| По ГОСТ 20072-74 массовая доля S и P в стали высшей категории качества должна быть на 0,005% меньше значений, приведенных в таблице, примесь Cu в стали, изготовленной скрап-процессом, не более 0,30%, массовая доля S в стали, выплавленной методом ЭШП, должна быть не более 0,015%. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | НВ | Изгиб | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520-79 | В термически обработанном состоянии | | | До 5 | 295 | 440-590 470-640 | 21 | — | — | — | d=2a | | |
| | | | | От 5 до 40 | 295 | 440-590 470-640 | 21 | 79 | — | — | d=2a | | |
| Листы изготовляют на станах полистной или порулонной прокатки с последующей порезкой на листы в соответствии с требованиями настоящего стандарта. Назначение и условия применения листов, предназначенных для объектов котлонадзора, регламентируются правилами, установленными органами Госгортехнадзора РФ. В зависимости от нормируемых механических свойств листы изготовляют по категориям, указанным в таблице. Категория устанавливается потребителем. При отсутствии указаний категория устанавливается предприятием-изготовителем. | | | | | | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Для стали 12X1MФ предусмотрены категории 2, 3, 16, 18-20. | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Листы из стали 12X1MФ изготовляют термически обработанными. | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Для проката толщиной менее 8 мм допускается снижение δ на 1 абс. % на 1 мм уменьшения толщины, для проката толщиной более 20 мм — снижение δ на 0,25 абс. % на 1 мм увеличения толщины, но не более чем на 2 абс. %. | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Листы всех марок стали дополнительно испытывают на ударный изгиб на поперечных образцах с концентратором напряжения вида V. Ударную вязкость KCV определяют при 20°C. | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Сплошность листов при проведении УЗК должна соответствовать 1, 2, 3-му классам ГОСТ 22727-88. | | | | | | | | | | | | | |
| Пределы текучести и длительной прочности | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Предел текучести $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | Предел текучести ¹ $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | | | |
| | | не менее | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ | | | | | | | |
| ГОСТ 5520-79 | 200 | — | 274 | — | — | — | | | | | | | |
| | 250 | 245 | 265 | — | — | — | | | | | | | |
| | 300 | 235 | 255 | — | — | — | | | | | | | |
| | 350 | 225 | 245 | — | — | — | | | | | | | |
| | 400 | 216 | 225 | — | — | — | | | | | | | |
| | 450 | 206 | — | — | — | — | | | | | | | |
| | 500 | — | 176 | 210 | 186 | 145 | | | | | | | |
| | 510 | — | — | 180 | 170 | 130 | | | | | | | |
| | 520 | — | — | 170 | 157 | 115 | | | | | | | |
| | 530 | — | — | 150 | 141 | 105 | | | | | | | |
| | 540 | — | — | 135 | 126 | 95 | | | | | | | |
| | 550 | — | — | 120 | 113 | 85 | | | | | | | |
| | 560 | — | — | 110 | 98 | 75 | | | | | | | |
| | 570 | — | — | 100 | 88 | 70 | | | | | | | |
| | 580 | — | — | 90 | 78 | 60 | | | | | | | |
| 590 | — | — | 80 | 68 | 55 | | | | | | | | |
| 600 | — | — | 70 | 59 | 50 | | | | | | | | |
| 610 | — | — | 65 | 50 | — | | | | | | | | |
| ¹ Применяется в договорно-правовых отношениях. | | | | | | | | | | | | | |
| Указанные значения длительной прочности являются средними. | | | | | | | | | | | | | |

| 12Х1МФ (ЭИ 575), 12Х1МФ-ПВ | | | | Механические свойства | | | | | | | |
|---|--|---------|-------------------|-------------------------------|---|--------------------------------|-------------------|--|-------------------------|-----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20072-74 | Нормализация ¹ | 960-980 | Воздух | До 90 | 255 | 470 | 21 | 55 | 98 | — | ≤ 217 |
| | | | | От 91 до 150 | 255 | 470 | 19 | 50 | 88 | — | ≤ 217 |
| | Отпуск | 700-750 | Воздух | От 151 и выше | 255 | 470 | 18 | 45 | 83 | — | ≤ 217 |
| ¹ Для труб с толщиной стенки более 15 мм при нормализации применяется индивидуальное охлаждение. | | | | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | |
| 1. Твердость горячекатаной и кованой отожженной, отпущенной или нормализованной с высоким отпуском стали должна соответствовать ≤ 217 НВ. | | | | | | | | | | | |
| 2. Для стали 12Х1МФ высшей категории качества временное сопротивление разрыву установить в пределах 470-640 Н/мм ² , а предел текучести не менее 275 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | |
| 3. Горячекатаную и кованую сталь перлитного класса изготавливают термически обработанной (отожженной, отпущенной или нормализованной с высоким отпуском). | | | | | | | | | | | |
| 4. Сталь, полученную методом электрошлакового переплава, дополнительно обозначают через тире в конце наименования марки буквой — Ш. | | | | | | | | | | | |
| 5. Макроструктура стали должна соответствовать требованиям таблицы 5 данного ГОСТ. | | | | | | | | | | | |
| 6. С обязательным выполнением УЗК по п. 2.13 (Примечание 17 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89). (Материалы, применяемые только для изделий, работающих в контакте с жидкометаллическим теплоносителем). | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | |
| ГОСТ 20072-74 | Нормализация | 960-980 | Воздух | 520 | 196 | 157 | 177 | 127 | | | |
| | | | | 560 | 137 | 106 | 116 | 82 | | | |
| | | | | 580 | 118 | 88-98 | 88 | 61 | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700-75 | Отжиг | 900-950 | Воздух | До 300 | Шайбы | | | | | — | ≤ 229 |
| | | | | | Не определяются | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.030.113-87 | Поковки термически обработанные | | | До 100 | 255 | 441-637 | 22 | 55 | 49 | — | 125-195 |
| | | | | 100-200 | 255 | 441-637 | 20 | 50 | 44 | — | |
| | | | | 200-400 | 255 | 441-637 | 18 | 45 | 39 | — | |
| Обязательные механические испытания: $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , ψ , КС, НВ, контроль макроструктуры и дефектоскопия (УЗК). | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-3987-85 | Сталь горячекатаная поставляется в нетермообработанном состоянии | | | ø 36; 45; 50; 60 | Механические свойства не определяются | | | | | — | — |
| | Нормализация | 960-980 | Воздух | От 80-120 140-150 и 180 | Механические свойства, определенные на продольных термически обработанных образцах, должны соответствовать нормам установленным ГОСТ 20072-74 | | | | | — | — |
| | | | | | | | | | | | |
| Макроструктура стали должна отвечать требованиям ГОСТ 20072-74 для металла открытой выплавки. | | | | | | | | | | | |
| Загрязненность металла неметаллическими включениями по ГОСТ 1778-70 не должна превышать по: сульфидам — 3,5 балла, оксидам — 3,5 балла, силикатам — 3,5 балла. | | | | | | | | | | | |

| 12Х1МФ (ЭИ 575), 12Х1МФ–ПВ | | | | Механические свойства | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14–3Р–55–2001 (взамен ТУ 14–3–460–75) | Стали 12Х1МФ и 12Х1МФ–ПВ | | | ø 60–465 | Продольные образцы | | | | | | |
| | Нормализация | 950–980 | Воздух | s 3,5–60 ² | 274 | 441–637 | 21 | 55 | 59 | — | — |
| | | | | ø 57–219 | | | | | | | |
| | Отпуск | 720–750 | Воздух | s 4,0–30 ³ | Поперечные образцы | | | | | | |
| ø 10–70 | | | | 274 | 441–637 | 19 | 50 | 49 | — | — | |
| | | | s 2,0–13 ⁴ | | | | | | | | |

² Трубы горячедеформированные (в том числе горячепрессованные из катаной и ковальной заготовки).

³ Трубы горячепрессованные из непрерывнолитой заготовки.

⁴ Трубы холодно- и теплодеформированные.

Примечание к термообработке

Допускается при нормализации ускоренное вентиляторное или спрейерное охлаждение.

Для труб из стали, выплавленной в электропечи, допускается повышение температуры нормализации до 1030°C и снижение температуры отпуска до 700°C с выдержкой не менее 1 часа.

Для холоднодеформированных труб из мартеновской стали допускается повышение температуры нормализации до 990°C.

Для труб с толщиной стенки более 15 мм при нормализации необходимо применение индивидуального охлаждения.

Допускается нормализация горячедеформированных труб диаметром 140 мм и менее с прокатного нагрева с отпуском при 720–750°C. Температура конца прокатки должна быть не ниже температуры нормализации. Для горячепрессованных труб, изготовленных из непрерывнолитой заготовки, нормализация проводится с отдельного нагрева с отпуском при 720–750°C.

Примечание к таблице механических свойств

1. Определение временного сопротивления, предела текучести, относительного удлинения проводят либо на продольных патрубках, сегментах или цилиндрических образцах, либо на поперечных цилиндрических образцах.

2. Определение относительного сужения проводят только на цилиндрических продольных образцах для труб с толщиной стенки 7 мм и более или на цилиндрических поперечных образцах для труб диаметром 120 мм и более.

3. В случае определения механических свойств на патрубках допускается снижение относительного удлинения на 3 абс. %.

4. Твердость металла труб с толщиной стенки менее 5 мм не определяется.

5. Ударную вязкость металла определяют на трубах с толщиной стенки более 12 мм на продольных или поперечных образцах.

6. Допускается снижение значений ударной вязкости на одном образце на 9,8 Дж/см² от установленной нормы, при условии, что среднearифметическое значение результатов испытаний образцов, отобранных от одной трубы, будет не ниже установленной нормы.

7. Твердость НВ металла труб из сталей 12Х1МФ и 12Х1МФ–ПВ не нормируется, но измеряется и заносится в документ о качестве труб.

8. По требованию заказчика трубы поставляются с определением ударной вязкости при комнатной температуре на образцах с концентратором типа V (KCV) и при пониженных температурах от 0 до минус 60°C на образцах с концентраторами типа V (KCV) или типа U (KCU). Значения ударной вязкости не нормируются, но заносятся в документ о качестве труб.

Значения пределов текучести и длительной прочности металла труб при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | t _{исп.} , °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | |
|------------------|----------------------|---------|-------------------|------------------------|------------------------------------|---|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | не менее | 1·10 ⁵ |
| ТУ 14–3Р–55–2001 | Нормализация | 950–980 | Воздух | 400 | 216 | — | — |
| | | | | 450 | 206 | — | — |
| | Отпуск | 720–750 | Воздух | 500 | — | 167 | 135 |
| | | | | 550 | — | 97 | 82 |
| | | | | 600 | — | 55 | 45 |

Примечания.

1. Значения пределов текучести и длительной прочности являются средними значениями по совокупности имеющихся данных, которые при периодических испытаниях могут быть уточнены и при необходимости исправлены. Допускается отклонение фактических значений предела длительной прочности на 20% от указанных в таблице.

2. Пределы текучести и длительной прочности труб для промежуточных температур определяются путем линейной интерполяции между ближайшими значениями, приведенными в таблице.

3. Пределы текучести при повышенных температурах и длительной прочности металла труб должны соответствовать указанным в таблице.

Изготовитель гарантирует соответствие пределов текучести при повышенных температурах и длительной прочности металла труб указанным требованиям без проведения испытаний.

4. По требованию заказчика трубы поставляются с определением предела текучести при одной или нескольких температурах, приведенных в таблице.

| 12Х1МФ (ЭИ 575), 12Х1МФ-ПВ | | | | Механические свойства | | | | | | | |
|---|------------------------|------------------------------------|-------------------|----------------------------------|------------------------------------|---|--------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-341-75 | Нормализация Отпуск | ПС | | ø 32, 36, 50 s стенки 5 или 6 | 274 | 441-637 | 21 | — | — | — | — |
| Гарантируемые значения предела текучести при повышенных температурах и предела длительной прочности для металла плавниковых труб | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t _{исп.} , °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | не менее | 1·10 ⁵ | | | | |
| ТУ 14-3-341-75 | | ПС | | 400 | 220 | — | | | | | |
| 450 | | | | 210 | — | | | | | | |
| 500 | | | | 170 | — | | | | | | |
| 540 | | | | — | 110 (среднее значение) | | | | | | |
| 570 | | | | — | 80 (среднее значение) | | | | | | |
| 610 | | | | — | 50 (среднее значение) | | | | | | |
| Назначение. Трубы пароперегревателей, трубопроводов и коллекторных установок высокого давления, поковки для паровых котлов и паропроводов, детали цилиндров газовых турбин для работы при температуре 570–585°С. Шайбы, паровые компенсаторы уплотнения в условиях высоких и сверхкритических параметров пара. Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 550°С (ПНАЭГ-7-008-89). Сталь теплоустойчивая перлитного класса. | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства стали при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{исп.} , °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [3, 7] | Нормализация Отпуск | 960-1030 680-760 | Воздух Воздух | Прутки, трубы, трубная заготовка | 20 | Поперечные образцы | | | | | |
| 290 | | | | | 510 | 23-31 | 61 | — | — | | |
| Продольные образцы | | | | | | | | | | | |
| -100 | | | | | — | — | — | — | 60-80 | — | |
| -80 | | | | | — | — | — | — | 80 | — | |
| -60 | | | | | — | — | — | — | 100 | — | |
| -40 | | | | | — | — | — | — | 80 | — | |
| -20 | | | | | — | — | — | — | 80 | — | |
| 0 | | | | | — | — | — | — | 180 | — | |
| 20 | | | | | 330 | 520 | 25 | 67 | 150 | — | |
| 200 | | | | | — | — | — | — | 200 | — | |
| 400 | | | | | — | — | — | — | 150 | — | |
| 480 | | | | | 340 | 490 | 22 | 75 | 140 | — | |
| 500 | | | | | 320 | 440 | 18-20 | 67 | — | — | |
| 520 | | | | | 320 | 440 | 21-22 | 75 | 110 | — | |
| 550 | | | | | 290 | 360 | 20-24 | 78 | — | — | |
| 560 | | | | | 220 | 310 | 20-26 | 78 | 130 | — | |
| 580 | | | | | 210 | 300 | 22-28 | 66 | — | — | |
| 600 | | | | | 190 | 230 | 23-38 | 74 | — | — | |
| 650 | | | | | 160 | 200 | 28-40 | 79 | 200 | — | |
| 750 | 130 | 140 | 37-42 | 84 | 270 | — | | | | | |
| Высокий отпуск | 770, 2 ч | Печь до 720°С Воздух | | 20 | 530 | 670 | 23 | 72 | 235 | — | |
| | | | | 480 | 450 | 560 | 19 | 74 | 135 | — | |
| | | | | 520 | 410 | 460 | 21 | 80 | 130 | — | |
| | | | | 560 | 410 | 460 | 21 | 80 | 130 | — | |
| Нагрев | 970 | Медленно до 720°С, 1,5 ч Воздух | | 20 | 290 | 510 | 38 | 71 | 155 | — | |
| | | | | 520 | 190 | 400 | 24 | 76 | 110 | — | |
| | | | | 560 | 180 | 370 | 27 | 77 | 110 | — | |

| 12X1MФ (ЭИ 575), 12X1MФ-ПВ | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|--|-------------------|---|---|--|--|--------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|----------|
| Механические свойства в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| [1, 7] | Нормализация Отпуск | 950–980 740–760 | Воздух Воздух | Труба Ø 273 толщина стенки 29 | 20 | 323 | 520 | 25 | 55 | 147 | — | |
| | | | | | 480 | 294 | 470 | 18 | 67 | 137 | — | |
| | | | | | 500 | 215 | 304 | 22 | 78 | — | — | |
| | | | | | 520 | 205 | 294 | 22 | 66 | 108 | — | |
| | | | | | 560 | 186 | 225 | 23 | 74 | 127 | — | |
| | | | | | 580 | 156 | 196 | 23 | 79 | — | — | |
| | | | | | 600 | 186 | 196 | 23 | 74 | — | — | |
| | | | | | 650 | 157 | 196 | 23 | 79 | 196 | — | |
| 750 | 127 | 145 | 37 | 84 | 265 | — | | | | | | |
| Механические свойства стали после длительного старения (испытание при температуре 20°C) | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | τ , ч | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [3, 7] | Нормализация Отпуск | 950–980 740–760 | Воздух Воздух | Прутки, продольные образцы | Исходное состояние | | 330 | 470 | 25 | 68 | 180 | — |
| | | | | | 625 | 1000 | 290 | 480 | 31 | 78 | 280 | — |
| | | | | | 625 | 3000 | 270 | 430 | 34 | 75 | 210 | — |
| | | | | | 625 | 5000 | 250 | 390 | 31 | 80 | 250 | — |
| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время τ , ч | | | | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 1000 | | 10000 | | | | |
| [2, 7] | Нормализация Отпуск | 950–980 740–760 | Воздух Воздух | 450 450 500 500 550 550 | 204 245 294 196 294 147 | 198 | | (180) | | — | | |
| | | | | | | 166 | | (148) | | — | | |
| | | | | | | 176 | | (137) | | — | | |
| | | | | | | 123 | | (104) | | — | | |
| | | | | | | 148 | | (85) | | — | | |
| | | | | | | 78 | | (44) | | — | | |
| Значения в скобках получены экстраполяцией. | | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | |
| [1, 7] | Сталь 12X1MФ | | | 500 | — | 170 | — | — | | | | |
| | | | | 550 | 120 | 99 | — | — | | | | |
| | | | | 600 | 71 | 56 | — | — | | | | |
| | | | | 450 | — | 288 | — | — | | | | |
| | | | | 500 | — | 192 | — | — | | | | |
| | | | | 600 | — | 65 | — | — | | | | |
| [3, 5] | Трубы. Продольные образцы. | | | 480 | 260 | 200 | 240 | 190 | | | | |
| | | | | 520 | 190 | 157 | 180 | 130 | | | | |
| | | | | 560 | 140 | 105 | 120 | 75 | | | | |
| | | | | 580 | 110 | 80 | 100 | 60 | | | | |
| | | | | 600 | 80 | 60 | — | — | | | | |
| | | | | 600 | 80 | 60 | — | — | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | | Термообработка | | |
| | σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 100 | | | |
| 220 | — | Симметричный цикл нагружения при 480°C | | | 150 | — | 80 | — | 10 | 6–8 | — | |

| 12Х1МФ (ЭИ 575), 12Х1МФ–ПВ | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------|-------------------|
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | Жаростойкость [1] | | | | | |
| Время, ч | t, °С | КСУ, Дж/см ² | Продукты сгорания топлива | t, °С | Глубина коррозии ¹ , мм | База испытаний, ч | | |
| Исходное состояние | | 176 | Экибастузский уголь | 580 | 0,8 | 5000 | | |
| | | | | 620 | 1,7 | 5000 | | |
| 3000 | 600 | 235 | Назаровский уголь | 580 | 0,26 | 5000 | | |
| | | | | 620 | 0,5 | 5000 | | |
| 5000 | 625 | 245 | Мазут | 580 | 0,6 | 10000 | | |
| | | | | 620 | 1,25 | 10000 | | |
| 5000 | 625 | 245 | Природный газ | 580 | 0,3 | 5000 | | |
| | | | | 620 | 0,8 | 5000 | | |
| ¹ Экстраполяция на 100000 ч. | | | | | | | | |
| Жаростойкость в различных средах | | | | | | | | |
| НД | Среда | t, °С | База испытаний, ч | Скорость окисления, мм/год | Потеря массы, г/(м ² ·ч) | Глубина окисления, мм | | Группа стойкости |
| | | | | | | за 1 год | за 100000 ч | |
| [2] | Воздух | 585 | — | 0,07 | — | — | — | Стойкая |
| | Воздух | 600 | — | 0,158 | | | | Пониженно-стойкая |
| | Воздух | 625 | — | 0,491 | | | | Пониженно-стойкая |
| | Воздух | 650 | 5000 | 0,509–1,20 | | | | Малостойкая |
| [3] | Воздух | 600 | 500 | — | 0,197 | 0,220 | — | — |
| | Перегретый пар | 610 | 1000 | — | 0,035 | 0,011 | 0,28 | |
| | Воздух | 625 | 1000 | — | 0,40 | 0,45 | — | |
| | Воздух | 625 | 3000 | — | 0,65 | 0,73 | — | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | 300 | 1000 | 1–2 | | |
| Точечная | | Вода деминерализованная | | 300 | 1000 | Подвержена | | |
| Коррозионное растрескивание | | Вода деминерализованная | | 300 | 1000 | Не подвержена | | |
| Межкристаллитная | | Не определяется | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1240–800 | Поковки энергетического машиностроения до 700 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | До 50 | В штабелях | | | |
| | | | | 51–100 | В ящиках | | | |
| Заготовка | 1240–780 | | | Турбинные заготовки 500–650 | Отжиг низкотемпературный | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Температура критических точек, °С | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 138 НВ и $\sigma_b = 470$ Н/мм ² $K_v = 1,5$ (твердый сплав), $K_v = 1,35$ (быстрорежущая сталь) | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| | | | | 740–780 | 880–900 | 720–740 | 820–830 | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 13Х1МФ (14Х1ГМФ, ЦТ 1) | | Листы ТУ 108.11.787-84. Трубы — ТУ 14-3-639-77. Трубная заготовка — ТУ 14-1-2182-77, ТУ 108.11.786-84. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-3-639-77 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Al | Cu | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,10-0,15 | 0,17-0,37 | 0,65-0,90 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,10-1,40 | ≤ 0,25 | 0,50-0,65 | ≤ 0,01 | ≤ 0,25 | 0,25-0,35 | 770-819 | 905-975 | 755-815 | 855-908 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Изгиб | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ТУ 14-3-639-77 | Нормализация | 970-1000 | Воздух | ∅ 219-465 | 294 | 490-657 | 16 | 45 | 39 | — | — | | | |
| | Отпуск | 730-760 | Воздух | s 40-75 | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.787-84 | Нормализация | 970-1000 | Воздух | Лист 28-65 | 315 | 490 | 15 | 45 | 39 | d=2a | — | | | |
| | Отпуск | 740-760 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-2182-77 | Нормализация | 970-1000 | Воздух | Заготовки кованные ∅ 370-650 | 314 | 490-638 | 16 | 45 | 39 | — | — | | | |
| | Отпуск | 740-760 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.786-84 | Нормализация | 970-1000 | Воздух | ∅ 630-750 | 315 | 490-680 | 18 | 50 | 39 | — | — | | | |
| | Отпуск | 730-750 | Воздух | s 55-80 | | | | | | | | | | |
| Назначение. Трубопроводы ТЭС. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1240-800 | До 600 | | Отжиг или высокий отпуск | | До 600 | | На подине | | | | | | |
| Заготовка | 1240-780 | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при σ _в = 580 Н/мм ² K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 0,8 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | | |

| Марка стали | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|---|-----------|---------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|--------|--|
| 15X1M1Ф | Поковки — ГОСТ 8479-70, ТУ 108.17.1050-78. Поковки трубных заготовок — ТУ 108.11.653-82. Трубы — ТУ 3-923-75, ТУ 14-3P-55-2001, ТУ 05764417-008-93. Трубные заготовки — ТУ 14-1-1529-93, ТУ 14-1-1787-76, ТУ 14-1-2560-78, ТУ 108-938-80, ТУ 108-1267-84. Листы — ТУ 108.11.888-87. Прутки — ТУ 14-1-2055-77. | | | | | | | | | |
| | Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | |
| 0,10-0,15 | 0,17-0,37 | 0,40-0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,10-1,40 | ≤ 0,25 | 0,90-1,10 | 0,20-0,35 | ≤ 0,25 | |
| Для стали, изготовленной скрап-процессом или из медистых руд, допускается содержание Cu и Ni до 0,30% каждого. В стали, выплавленной в электропечах, содержание C должно быть в пределах 0,11-0,16%, Mn — 0,60-0,90%. | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | |
| 0,10-0,16 | 0,17-0,37 | 0,60-0,95 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,10-1,40 | ≤ 0,30 | 0,90-1,10 | — | ≤ 0,25 | |
| Допускаются следующие отклонения по химическому составу: По C ± 0,01%; по Si ^{+0,03%} _{-0,02%} ; по Mn - 0,02%; по Cr ± 0,10%; по Mo ± 0,02%; по V ± 0,02%; по Ni + 0,10%; по Cu + 0,05%. | | | | | | | | | | |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------|---|-------------------|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479-70 | Закалка Отпуск | ПС | | 500-800 | 275 | 530 | 13 | 30 | 29 | — | 156-197 |
| | | | | 500-800 | 345 | 590 | 12 | 33 | 39 | — | 174-217 |
| | | | | 100-300 | 395 | 615 | 15 | 40 | 54 | — | 187-229 |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-1529-93 | Нормализация Отпуск | 970-1000 730-760 | Воздух Воздух | От 100 до 300 | не менее | | | | | | |
| | | | | | Образцы продольные | | | | | | |
| | | | | | 314 | 490-686 | 18 | 50 | 49 | — | — |
| Образцы поперечные | | | | | | | | | | | |
| 314 | 490-686 | 16 | 45 | 39 | — | — | | | | | |
| ТУ 14-3P-55-2001 (взамен ТУ 14-3-420-75, ТУ 14-3-460-75) | Горячедеформированные трубы | | | Образцы продольные | | | | | | | |
| | Нормализация Отпуск | 970-1000 730-760 Выдержка не менее 10 ч | Воздух Воздух | φ 114-465 s 16-60 | 314 | 490-686 | 18 | 50 | 49 | — | — |
| | | | | Образцы поперечные | | | | | | | |
| | | | | φ 114-465 s 16-60 | 314 | 490-686 | 16 | 45 | 39 | — | — |
| | | | | Образцы продольные | | | | | | | |
| | φ 377-530 s 25-90 | 314 | 490-686 | 18 | 50 | 49 | — | — | | | |
| Образцы поперечные | | | | | | | | | | | |
| φ 377-530 s 25-90 | 314 | 490-686 | 16 | 45 | 39 | — | — | | | | |

Примечание к термообработке

1. Допускается при нормализации ускоренное вентиляторное или спрейерное охлаждение.
2. Для труб с толщиной стенки до 15 мм выдержка при отпуске не менее 5 часов.
3. Для труб из стали, выплавленной в электропечи, допускается повышение температуры нормализации до 1070°C.
4. Для труб с толщиной стенки более 15 мм при нормализации необходимо применение индивидуального охлаждения.

Примечание к таблице механических свойств

1. Определение временного сопротивления, предела текучести, относительного удлинения проводят либо на продольных патрубках, сегментах или цилиндрических образцах, либо на поперечных цилиндрических образцах.
2. Определение относительного сужения проводят только на цилиндрических продольных образцах для труб с толщиной стенки 7 мм и более или на цилиндрических поперечных образцах для труб диаметром 120 мм и более.
3. В случае определения механических свойств на патрубках допускается снижение относительного удлинения на 3 абс. %.
4. Твердость металла труб с толщиной стенки менее 5 мм не определяется.
5. Ударную вязкость металла определяют на трубах с толщиной стенки более 12 мм на продольных или поперечных образцах.
6. Допускается снижение значений ударной вязкости на одном образце на 9,8 Дж/см² от установленной нормы, при условии, что среднearифметическое значение результатов испытаний образцов, отобранных от одной трубы, будет не ниже установленной нормы. Снижение значений ударной вязкости на поперечных образцах не допускается.
7. Твердость HB металла труб из стали не нормируется, но измеряется и заносится в документ о качестве труб.
8. По требованию заказчика трубы поставляются с определением ударной вязкости при комнатной температуре на образцах с концентратором типа V (KCV) и при пониженных температурах от 0 до минус 60°C на образцах с концентраторами типа V (KCV) или типа U (KCU). Значения ударной вязкости не нормируются, но заносятся в документ о качестве труб.

| 15X1M1Ф | | Механические свойства | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------------------|--|-------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|-----|-------------------------|
| Значения пределов текучести и длительной прочности металла труб при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | не менее | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ | | | | |
| ТУ 14–3Р–55–2001 | Нормализация | 970–1000 | Воздух | 400 | 235 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 730–760 | Воздух | 450 | 225 | — | — | | | | | |
| | | Выдержка не менее 10 ч | 500 | — | 176 | 147 | | | | | | |
| | | | 550 | — | 104 | 93 | | | | | | |
| | | | 600 | — | 63 | 56 | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | |
| 1. Значения пределов текучести и длительной прочности являются средними значениями по совокупности имеющихся данных, которые при периодических испытаниях могут быть уточнены и при необходимости исправлены. Допускается отклонение фактических значений предела длительной прочности на 20% от указанных в таблице. | | | | | | | | | | | | |
| 2. Пределы текучести и длительной прочности труб для промежуточных температур определяются путем линейной интерполяции между ближайшими значениями, приведенными в таблице. | | | | | | | | | | | | |
| 3. Пределы текучести при повышенных температурах и длительной прочности металла труб должны соответствовать указанным в таблице. | | | | | | | | | | | | |
| Изготовитель гарантирует соответствие пределов текучести при повышенных температурах и длительной прочности металла труб указанным требованиям без проведения испытаний. | | | | | | | | | | | | |
| 4. По требованию заказчика трубы поставляются с определением предела текучести при одной или нескольких температурах, приведенных в таблице. | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.888–87 | Нормализация | 970–1000 | Воздух | От 28 до 140 | 294 | 490 | 15 | 45 | 39 | 34 | — | — |
| | Отпуск | 730–760 | Воздух | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах |
| ТУ 108–1267–84 | Закалка | 930–950 | Масло | До 250 | 314 | 490–686 | 20 | 50 | 44 | — | — | |
| | Отпуск | 721–740 | Воздух | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах |
| ТУ 05764417–008–93 | Нормализация | 970–1000 | Воздух | ϕ 426–920 s 22–95 | 310 | 490–690 | 18 | 50 | 45 | — | — | |
| | Отпуск | 730–760 | Воздух | | | | | | | | | |
| Значения пределов текучести и длительной прочности металла труб при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | не менее | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ | | | | |
| ТУ 05764417–008–93 | ПС | | | 400 | 235 | — | — | | | | | |
| | | | | 560 | 130 | 94 | — | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| [5] | Нагрев Отпуск | 1020–1050 730–760, 10 ч | Воздух | — | Образцы продольные | | | | | | | |
| | | | | | 320 | 500 | 18 | 50 | 50 | — | — | |
| | | | | | Образцы поперечные | | | | | | | |
| — | 320 | 500 | 16 | 45 | 40 | — | — | | | | | |
| Назначение. Трубы котельные бесшовные механически обработанные, изготовленные из слитков методом свободной ковки, предназначенные для изготовления трубопроводов больших диаметров. Трубы пароперегревателей, паропроводов и коллекторов установок высокого давления, длительно работающих при температуре до 585°C. Различные детали, работающие при температуре до 575°C. | | | | | | | | | | | | |
| Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 510°C (ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | | |
| Сталь теплоустойчивая перлитного класса. | | | | | | | | | | | | |

| 15X1M1Ф | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------------------|-------------------|---------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Нагрев | 1020–1050 730–760, 10 ч | Воздух | Труба | 20 | 380 | 590 | 21 | 67 | 150 | — |
| | Отпуск | | | катаная | 400 | 330 | 550 | 18 | 72 | 160 | — |
| | | | | ϕ 273×36 | 450 | 330 | 520 | 17 | 74 | — | — |
| | Образцы | | | продольные | 500 | 310 | 470 | 19 | 76 | 120 | — |
| | | | | | 550 | 310 | 410 | 19 | 79 | 110 | — |
| | | | | | 570 | 270 | 400 | 21 | 78 | 110 | — |
| | | | | | 500 | 260 | 320 | 15 | 84 | 120 | — |
| 600 | 260 | 320 | 20 | 82 | 130 | — | | | | | |

При толщине стенок более 15 мм при нормализации требуется раздельное охлаждение каждой трубы.

| Механические свойства стали (труба, продольные образцы) при температуре 20°C в зависимости от содержания углерода | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--------------|---------------------------------------|-------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | C, % (по массе) | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Нагрев | 1000–1020 | Сжатый воздух на выдвинутом поду печи | — | 0,11 | 320 | 520 | 27 | 75 | 280 | 145 |
| | | | | | 0,13 | 360 | 580 | 24 | 77 | 290 | 164 |
| | Отпуск | 750–760, 5 ч | Воздух | — | 0,15 | 420 | 620 | 21 | 65 | 90 | 180 |
| | Нагрев | 1000 | Воздух | — | 0,12 | 480 | 670 | 19 | 59 | 40 | — |
| | Отпуск | 720, 5 ч | Воздух | — | 0,15 | 590 | 710 | 20 | 58 | 80 | — |

| Механические свойства при различных температурах после длительного старения | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|----------------------|-------------------|------------------------|--------------------|------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------|----|-----|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | t, ч | | | | | | | | не менее | | | |
| [5] | Нагрев Отпуск | 970–1000 700, 5 ч | Воздух Воздух | Трубы ϕ 273×36 | Исходное состояние | | 20 | 380 | 590 | 21 | 69 | 150 | — | | | | |
| | | | | | | | 550 | 310 | 410 | 19 | 79 | 110 | — | | | | |
| | | | | | | | 600 | 260 | 320 | 20 | 82 | 130 | — | | | | |
| | | | | | | | 550 | 25000 | 20 | 320 | 560 | 27 | 73 | 220 | — | | |
| | | | | | | | 550 | 25000 | 550 | 240 | 300 | 34 | 82 | — | | | |
| | | | | | | | 550 | 40000 | 20 | 320 | 550 | 30 | 73 | 180 | — | | |
| | | | | | | | 565 | 10000 | 20 | 310 | 540 | 25 | 77 | 210 | — | | |
| | | | | | | | 565 | 10000 | 565 | 220 | 290 | 30 | 87 | 180 | — | | |
| | | | | | | | 565 | 50000 | 20 | 240 | 410 | 35 | 77 | 170 | — | | |
| | | | | | | | 565 | 50000 | 565 | 170 | 260 | 25 | 79 | — | — | | |
| | | | | | | | 600 | 10000 | 20 | 270 | 500 | 26 | 77 | 200 | — | | |
| | | | | | | | 600 | 30000 | 20 | 200 | 450 | 33 | 72 | 180 | — | | |
| | | | | | | | 600 | 30000 | 600 | 140 | 210 | 35 | 42 | 210 | — | | |
| | | | | | | | Исходное состояние | | 20 | 420 | 610 | 19 | 64 | 90 | — | | |
| | | | | | | | | | 550 | 310 | 440 | 14 | 86 | 50 | — | | |
| | | | | | | | | | 600 | 270 | 330 | 20 | 60 | 60 | — | | |
| | | | | | | | | | 550 | 10000 | 20 | 330 | 570 | 21 | 65 | 100 | — |
| | | | | | | | | | 565 | 30000 | 20 | 300 | 520 | 22 | 62 | 100 | — |
| | | | | | | | | | 565 | 30000 | 565 | — | — | — | — | 80 | — |
| | | | | | | | | | 600 | 10000 | 20 | 300 | 500 | 24 | 67 | 130 | — |
| | | | | | | | | | 600 | 30000 | 20 | 220 | 460 | 32 | 65 | 90 | — |
| 600 | | | | | | | | | 30000 | 600 | 150 | 210 | 25 | 76 | — | — | |

| 15X1M1Ф | | Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | |
|---|----------------------------------|--|---|---|---------------------------|-------------------|-----------------|
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | |
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁵ | | | |
| [5] | 500 | — | 210 | — | | | |
| | 525 | — | 170 | — | | | |
| | 540 | — | 160 | 120 | | | |
| | 550 | — | 130 | 80 | | | |
| | 565 | 120 | 100 | 50 | | | |
| | 585 | 105 | 80 | — | | | |
| | 600 | 85 | 65 | 40 | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | Жаростойкость [1, 2] | | | | |
| — | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1, 2] | | | Воздух | 600 | 0,194 | 3000 | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | |
| Исходное состояние | | 147–235 | | | | | |
| 40000 | 550 | 176–191 | | | | | |
| 50000 | 565 | 175 | | | | | |
| 30000 | 600 | 179 | | | | | |
| | | | 625 | 0,264 | 5000 | | |
| | | | 650 | 0,413 | 5000 | | |
| Коррозионная стойкость [1, 2] | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | 300 | 1000 | 1–2 | |
| Точечная | | Вода деминерализованная | | 300 | 1000 | Подвержена | |
| Коррозионное растрескивание | | — | | — | — | — | |
| Межкристаллитная | | — | | — | — | — | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | |
| Слиток | 1240–800 | До 700 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | До 50 | В штабелях на воздухе | | |
| Заготовка | 1240–780 | | | 51–100 | В ящиках | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Температура критических точек, °C | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 200 НВ K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 0,8 (быстрорежущая сталь) | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| | | | | 770–819 | 905–975 | 755–815 | 855–908 |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------------|--|-------------------|---------------|---|------------------------------------|--|-------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|--|
| 25X1МФ (ЭИ 10) | | Поковки — ГОСТ 8479–70. Сортовой прокат — ГОСТ 20072–74, ТУ 14–1–5037–91. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78. Прутки для крепежных деталей — ТУ 14–1–552–72, ТУ 14–1–1397–75. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 20072–74 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | |
| 0,22–0,29 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 1,50–1,80 | ≤ 0,30 | 0,25–0,35 | 0,15–0,30 | ≤ 0,30 | 760 | 840 | 685 | 760 | 345 | |
| Содержание Ni при выплавке по ТУ 14–1–552–72 не более 0,25%. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | НВ | КП | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | После окончательной термообработки | | | До 100 | 490 | 655 | 16 | 45 | 59 | 212–248 | 490 | | | | |
| | | | | До 100 | 590 | 735 | 14 | 45 | 59 | 235–277 | 590 | | | | |
| Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы. | | | | | | | | | | | | | | | |
| По механическим свойствам поковки, поставляемые после окончательной термической обработки, разделяются на категории прочности. Категории прочности, соответствующие им нормы механических свойств, определяемые при испытании на продольных образцах, и нормы твердости приведены в таблице. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Нормы твердости для поковок II и III групп и категории прочности для поковок IV и V групп устанавливаются по соглашению изготовителя с потребителем. Марка стали для всех групп устанавливается по соглашению изготовителя с потребителем и указывается на чертеже детали и поковки. | | | | | | | | | | | | | | | |
| По требованию потребителя временное сопротивление должно быть выше указанной в таблице для заданной категории прочности, не более: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 Н/мм ² при требуемом σ _в менее 600 Н/мм ² , | | | | | | | | | | | | | | | |
| 150 Н/мм ² при требуемом σ _в 600–900 Н/мм ² , | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 Н/мм ² при требуемом σ _в более 900 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 20072–74 | I вариант | | | До 90 | 735 | 880 | 14 | 50 | 59 | — | ≤ 229 | | | | |
| | Закалка | 880–900 | Масло | От 91 до 150 | 735 | 880 | 12 | 45 | 49 | — | ≤ 229 | | | | |
| | | | | От 151 и выше | 735 | 880 | 11 | 40 | 44 | — | ≤ 229 | | | | |
| | II вариант | | | До 90 | 665 | 780 | 16 | 50 | 59 | — | ≤ 229 | | | | |
| | Закалка | 930–950 | Масло | От 91 до 150 | 665 | 780 | 14 | 45 | 49 | — | ≤ 229 | | | | |
| | | | | От 151 и выше | 665 | 780 | 13 | 40 | 44 | — | ≤ 229 | | | | |
| Отпуск | 620–660 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Нормы механических свойств прутков диаметром или толщиной свыше 90 мм, перекаченных или перекованных на круг или квадрат размером 90 мм, должны соответствовать требованиям таблицы. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Варианты термообработки и механических свойств (I или II) стали оговаривается в заказе. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Ударная вязкость по требованию потребителя. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Твердость горячекатаной и кованой отожженной, отпущенной или нормализованной с высоким отпуском стали должна соответствовать ≤ 229 НВ. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Твердость калиброванной термически обработанной стали должна быть не более 255 НВ. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. Горячекатаная, кованая и калиброванная сталь, предназначенная для осадки, горячей высадки и штамповки, должна быть испытана на осадку в горячем состоянии. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. В стали высшей категории качества ограничивается временное сопротивление разрыву: минимальное допустимое значение должно соответствовать значениям, указанным в таблице, а максимальное не должно быть больше минимального на 196 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. Макроструктура стали должна соответствовать требованиям таблицы 5 данного ГОСТ. Макроструктура не должна иметь усадочной раковины, подсадочной ликвации, рыхлости, газовых раковин, трещин, флокенов, шлаковых включений, заворота корочки, видимых без увеличительных приборов. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | | | | |
| ГОСТ 20072–74 | Закалка | 880–900 | Масло | 500 | 255–284 | — | — | 78 | | | | | | | |
| | Отпуск | 640–660 | Вода | 550 | 98–147 | — | 88 | 29 | | | | | | | |

| 25X1MФ (ЭИ 10) | | Механические свойства | | | | | | | | | | |
|---------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|---------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700-75 | Закалка Отпуск | 930-950 620-710 | Вода или масло Воздух | До 200 | не менее или в пределах | | | | | | 241-277 | 665 |
| | | | | | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | | | | | | |
| | | | | | 667-784 | 686 | 16 | 50 | 59 | — | | |
| Гайки | | | | | | | | | | | | |
| — — — — — 197-229 — | | | | | | | | | | | | |

Примечания.

1. Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
3. Допускается выполнение комплектов «шпилька-гайка», «болт-гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.
4. Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.
5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше $10^4/\sigma_b$ (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454-78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|---------------|----------------------|--------------------|--------------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| ГОСТ 20700-75 | Закалка Отпуск | 930-950 620-710 | Вода или масло Воздух | 425 | 550 | 450 | — | — |
| | | | | 450 | 460 | 370 | — | 230 |
| | | | | 475 | — | — | — | 145 |
| | | | | 500 | 260 | 170 | — | 80 |

Релаксационная стойкость

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время t, ч | | | | | | | НВ |
|---------------|----------------------|--------------------|--------------------------|-------|--------------------------------|--|-----|------|------|------|-------|-------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 5000 | 10000 | |
| ГОСТ 20700-75 | Закалка Отпуск | 930-950 620-710 | Вода или масло Воздух | 500 | 150 | 95 | 83 | 78 | 72 | 69 | (57) | (38) | 293 |
| | | | | 500 | 250 | 148 | 128 | 120 | 110 | 104 | (93) | (72) | |
| | | | | 500 | 350 | 197 | 171 | 160 | 151 | 140 | (125) | (94) | |
| | | | | 525 | 200 | — | 80 | — | 50 | — | — | — | |
| | | | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |

В скобках даны экстраполированные значения.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | | | | | |
|---------------|----------------------|--------------------|---------------------------------------|-------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23304-78 | Закалка Отпуск | 930-950 620-710 | Масло или вода Воздух | До 100 | 20 | не менее или в пределах | | | | | | 241-285 | 685 | | | | |
| | | | | | | Болты и шпильки | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 666-813 | 784 | 16 | 50 | 59 | — | | | | | | |
| | | | | | | 350 | 519 | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | | | | До 200 | 20 | 666-784 | 784 | 14 | 50 | | | 59 | 241-277 | 685 | |
| | | | | | | 350 | 519 | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | | До 100 | 20 | 588-784 | 686 | 16 | 50 | 59 | 217-277 | 590 | | | | | |
| | | | | | | 350 | 441 | — | — | — | — | — | | | | | |
| | | | | | | До 200 | 20 | 588-735 | 686 | 16 | 50 | 59 | 217-255 | 590 | | | |
| | | | | | | | | 350 | 441 | — | — | — | — | — | | | |
| | | | | | | | | Гайки, плоские подкладные шайбы | До 100 | 20 | 490-686 | 588 | 16 | 50 | 59 | 197-241 | 490 |
| | | | | | | | | | | | 350 | 343 | — | — | — | — | — |
| | До 200 | 20 | 490-637 | 588 | 14 | | | | | | 50 | 59 | 197-229 | 490 | | | |
| | | | 350 | 343 | — | | | | | | — | — | — | — | | | |
| | | | Выпуклые и вогнутые сферические шайбы | До 200 | 20 | 430-637 | 588 | | | | 16 | 50 | 59 | 197-229 | 490 | | |
| | | | | | | 350 | 343 | | | | — | — | — | — | — | | |
| До 200 | | | | | | 20 | 637-804 | 686 | 14 | 50 | 59 | 224-277 | 640 | | | | |
| | | | | | | | 350 | 490 | — | — | — | — | — | | | | |

25X1МФ (ЭИ 10)

Механические свойства

Примечания.

- Для крепежных деталей из стали с диаметром или стороной заготовки более 80 мм допускается снижение предела текучести на 20 Н/мм².
 - При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм, указанных в таблице для $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , ψ , КСУ соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%.
 - Для крепежных деталей групп качества 0, 0а и 1 производить дополнительно определение ударной вязкости КСВ на образцах типа 11 по ГОСТ 9454-78.
 - На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футурки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.
 - В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин.
- Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более.
Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3а контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.
- Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 590, КП 685; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 490; для сферических шайб выпуклых и вогнутых — с КП 490, КП 640.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|----------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-552-72 | Закалка | 930-950 | Масло | — | 670 | 780 | 16 | 50 | 59 | — | — |
| | Отпуск | 620-660 | Воздух | | | | | | | | |

Назначение. Крепеж (штифты замковые лопаток и замковые соединения, болты полумуфт, шпильки, гайки горизонтального разъема корпусов цилиндров) для паровых турбин АЭС и гидротурбин. Трубы и различные детали, работающие при температуре до 540°C, болты, шпильки, плоские пружины и другие крепежные детали, работающие при температуре от 40°C до 510°C.

Максимальная допускаемая температура применения 510°C.

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1, 4] | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t отпуска, °C [1] | | | Термообработка |
|---|-------------|-------------------|------------------------------------|---|-----|-----|--------------------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | 600 | 630 | 660 | |
| 372-470 | — | 5·10 ⁶ | Закалка 940°C, масло, отпуск 640°C | 78 | 78 | 127 | Закалка 920-950°C, масло |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-------------------|----------------------|-----------------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка Отпуск | 860 515 | Масло Воздух | 250 | Поковки | | | | | | |
| | | | | | 780 | 930 | 10 | 40 | 49 | — | 285-321 |
| | | | | | 350 | 690 | 860 | 12 | 45 | 59 | — |
| | 450 | 590 | 780 | 14 | 45 | 59 | — | 241-277 | | | |
| Закалка Отпуск | 930-950 620-660 | Масло Воздух | 20-180 | 670 | 780 | 16 | 50 | 59 | — | — | |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Отжиг | 920 | С печью | Продольные образцы | 20 | 400 | 540 | 24 | 75 | — | — |
| | | | | | 500 | 260 | 380 | 23 | 79 | — | — |
| | | | | | 550 | 240 | 330 | 24 | 82 | — | — |
| | Закалка Отпуск | 930-950 620-660 | Масло Воздух | Продольные образцы | 20 | 790-1000 | 880-1050 | 16-19 | 60-64 | 75-98 | — |
| | | | | | 400 | 610 | 710 | 17 | 68 | — | — |
| | | | | | 450 | 590 | 690 | 17 | 71 | — | — |
| 500 | 580 | 620 | 19 | 75 | — | — | | | | | |
| 550 | 490 | 550 | 20 | 78 | — | — | | | | | |

| 25X1МФ (ЭИ 10) | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---|------------------------------------|--|-------------------|-------------------------|-------------------------|----------|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [23] | Закалка Отпуск | 930–950 | Масло | Продольные образцы | 20 | 810 | 980 | 16 | 60 | 80 | — |
| | | 620–660 | Воздух | | 400 | 624 | 729 | 17 | 69 | — | — |
| | | | | | 450 | 597 | 702 | 17 | 71 | — | — |
| | | | | | 500 | 594 | 638 | 19 | 75 | — | — |
| | | | | | 550 | 496 | 560 | 20 | 78 | — | — |
| | Нормализация | 930–1000 | Воздух | | 20 | 830 | 960 | 17 | 51 | 50 | — |
| | Отпуск | 640–660 | Воздух | | | | | | | | |
| Отжиг | 920 | Печь, воздух | | | | | | | | | |
| | | | | 20 | 406 | 550 | 24 | 76 | — | — | |
| | | | | 500 | 270 | 385 | 23 | 79 | — | — | |
| | | | | 550 | 242 | 336 | 24 | 82 | — | — | |
| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее |
| [4] | Закалка | 910–920 | Масло | Продольные образцы | | | | | | | |
| | Отпуск | 540 | Воздух | | 1220 | 1270 | 13 | 58 | — | — | |
| | Отпуск | 570 | Воздух | | 1190 | 1230 | 16 | 61 | — | — | |
| | Отпуск | 600 | Воздух | | 1150 | 1190 | 18 | 61 | 78 | — | |
| | Отпуск | 630 | Воздух | | 1060 | 1120 | 19 | 62 | 78 | — | |
| | Отпуск | 660 | Воздух | | 880 | 960 | 19 | 69 | 127 | — | |
| Механические свойства стали при 20°C в зависимости от тепловой выдержки | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Тепловая выдержка | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | |
| [4] | Закалка Отпуск | 950 | Масло | 450 | 3000 | 940 | 1110 | 18 | 61 | 54 | — |
| | | | | 450 | 6000 | 990 | 1160 | 17 | 55 | 44 | — |
| | | | | 500 | 3000 | 980 | 1090 | 18 | 60 | 44–59 | — |
| | | | | 500 | 6000 | 950 | 1070 | 17 | 60 | 49–54 | — |
| | Нормализация | 1000 | Воздух | 450 | 3000 | 800 | 970 | 15 | 52 | 41–49 | — |
| Отпуск | 650 | Воздух | 500 | 3000 | 870 | 980 | 15 | 60 | 41 | — | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | |
| [5, 23] | Закалка Отпуск | 930–950 620–660 | Масло Воздух | 450 | — | — | — | 230 | | | |
| | | | | 475 | — | — | — | 145 | | | |
| | | | | 500 | 260 | 170 | — | 80 | | | |
| | | | | 525 | — | 115 | — | 52 | | | |
| | | | | 550 | 100 | 60 | 90 | 30 | | | |
| | | | | 600 | 50 | 32 | — | — | | | |
| | Нормализация | 920 | Воздух | 500 | 340 | 210 | — | — | | | |
| | Нормализация | 1000 | Воздух | 500 | 270 ¹ | 165 ¹ | — | — | | | |
| | Отпуск | 650 | Воздух | | | | | | | | |
| | Нормализация | 920 | Воздух | 500 | 150 | 90 | — | — | | | |
| Отпуск | 650 | Воздух | 550 | 130 ¹ | 70 ¹ | — | — | | | | |

¹ Образцы с надрезом.

| 25X1МФ (ЭИ 10) | | Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------------------|--------------------------|-------------------|-------|----------------|------------------|--|-----|-----|-----|------|------|-------|-------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ ₀ | σ _{0,2} | Остаточное напряжение σ _r , Н/мм ² , за время τ, ч | | | | | | | | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | Н/мм ² | 25 | 100 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 5000 | |
| [23] | Нормализация Отпуск | 920 650, 2 ч | | 500 | 120 | 867 | 95 | 91 | 88 | 79 | 75 | 74 | (70) | (57) | 277 |
| | | | | 500 | 250 | | 197 | 184 | 169 | 160 | 153 | 140 | (125) | (92) | |
| | | | | 500 | 350 | | 256 | 210 | 219 | 205 | 200 | — | (180) | (150) | |
| | | | | 525 | 200 | | — | — | 90 | — | 85 | — | — | — | |
| | Нормализация Отпуск | 1000 650, 2 ч | Воздух | 500 | 120 | 866 | 100 | 97 | 91 | 88 | 85 | 83 | (78) | (70) | 289 |
| | | | | 500 | 250 | | 206 | 196 | 183 | 175 | 168 | 162 | (152) | (130) | |
| | | | | 500 | 350 | | 270 | 258 | 242 | 235 | 230 | 222 | (215) | (190) | |
| | | | | 525 | 200 | | — | — | 110 | — | 110 | — | — | — | |
| | Закалка Отпуск | 920 650, 2 ч | Масло | 500 | 150 | 920 | 100 | 95 | 83 | 78 | 72 | 69 | (57) | (38) | 293 |
| | | | | 500 | 250 | | 158 | 148 | 128 | 120 | 110 | 104 | (93) | (72) | |
| | | | | 500 | 350 | | 217 | 197 | 171 | 160 | 151 | 140 | (125) | (54) | |
| | | | | 525 | 200 | | — | — | 80 | — | 50 | — | — | — | |

В скобках — экстраполированные значения.

Свойства σ_{0,2} и НВ даны для исходного металла.

| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч [1] | | | Жаростойкость [1] | | | | | | |
|---|-------|-------------------------|-------------------------|-------|---------------------------|-------------------|-------|--|--|
| > 1 | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | Окалиностойкая до 500°C | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | |
| Исходное состояние | | | | | | | 88–98 | | |
| 6000 | 450 | 44 | | | | | | | |
| 6000 | 500 | 51–56 | | | | | | | |

| Коррозионная стойкость [1] | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------|-----------------|----------------|
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
| Общая | Вода деминерализованная | 320 | 1000 | 2 |
| Точечная | Вода с [Cl ⁻] 200 мг/кг | 320 | 1000 | Подвержена |
| Коррозионное растрескивание | — | — | — | — |
| Межкристаллитная | Не определяется | | | |

| Технологические характеристики [1, 4] | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1220–850 | До 60 | В штабелях на воздухе | До 60 | В штабелях на воздухе |
| Заготовка | 1180–850 | 61–200 | Отжиг низкотемпературный | 61–200 | Отжиг низкотемпературный |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|----------------------------------|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ | В нормализованном и отпущенном состоянии при ≤ 290 НВ и σ _b = 780 Н/мм ² K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,25 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|---|---|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|--|
| 25X1M1Ф (P2, P2MA) | | Поковки — ГОСТ 8479–70, ОСТ 108.961.05–80. Заготовки валов и роторов паровых турбин — ТУ 108.1029–81. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.1029–81 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S ¹ | P ¹ | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,21–0,29 | ≤ 0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,022 | ≤ 0,025 | 1,50–1,80 | ≤ 0,40 | 0,90–1,05 | 0,22–0,32 | ≤ 0,25 | 780 | 860 | — | — | |
| ¹ Сумма S и P должна быть не более 0,04%. | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 8479–70 | Нормализация | | ПС | До 100 | 440 | 635 | 16 | 45 | 59 | — | 197–235 | | | |
| | | | | 100–300 | 440 | 635 | 14 | 40 | 54 | — | 197–235 | | | |
| | Закалка Отпуск | | ПС | 100–300 | 490 | 655 | 13 | 40 | 54 | — | 212–248 | | | |
| | | До 100 | | 540 | 685 | 15 | 45 | 59 | — | 223–262 | | | | |
| | | 100–300 | | 590 | 735 | 13 | 40 | 49 | — | 235–277 | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Угол загиба, град | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ОСТ 108.961.05–80 | Нормализация | | 970–980 | Воздух | — | 608–736 | 716 | 16 ¹ | 40 ¹ | — | 180 ¹ | | | |
| | Отпуск | | 680–700 | Воздух | | | | 13 ² | 35 ² | 39 ² | 150 ² | | | |
| ТУ 108.1029–81 | Нормализация | | 950–960 | Воздух | — | 409–667 | 618 | 16 ¹ | 40 ¹ | 39 ¹ | 180 ¹ | | | |
| | Отпуск | | 670–700 | Воздух | | | | 13 ² | 35 ² | 44 ² | 150 ² | | | |
| ¹ Образцы продольные. | | | | | | | | | | | | | | |
| ² Образцы поперечные. | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Валы и цельнокованные роторы стационарных и транспортных паровых турбин из слитков весом до 106 т (категории прочности КП 670 по ТУ 108.1029–81) и другие детали, работающие при температуре до 525°С. Сталь теплоустойчивая перлитного класса. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | |
| 461 | — | 10 ⁷ | Нормализация 1040°С. Отпуск 650°С, 6 ч | | | | — | — | — | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Угол загиба, град | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| [5] | Двойная нормализация Отпуск | | 970–990 710–730 | Воздух Воздух | Цельнокованные роторы, валы | Образцы продольные | | | | | | | | |
| | | | | | | 420 | 630 | 16 | 40 | 40 | 180 | — | | |
| | Образцы тангенциальные | | | | | | | | | | | | | |
| | 450 | 630 | 13 | 35 | | 40 | 150 | — | | | | | | |
| | Образцы продольные | | | | | | | | | | | | | |
| | 450 | 650 | 16 | 50 | | 60 | — | 207 | | | | | | |
| | Образцы тангенциальные | | | | | | | | | | | | | |
| | 428 | 618 | 12 | 40 | 45 | — | 207 | | | | | | | |
| | Образцы радиальные | | | | | | | | | | | | | |
| | 445 | 643 | 10 | 32 | 36 | — | 207 | | | | | | | |
| | Закалка Высокий отпуск | | 950–960 670–710 | Масло Воздух | Поковки 200 | Образцы продольные | | | | | | | | |
| | | | | | | 750 | 900 | 14 | 50 | 60 | — | 241 | | |
| Образцы тангенциальные | | | | | | | | | | | | | | |
| 714 | | | 857 | 11 | | 40 | 45 | — | 241 | | | | | |
| Образцы радиальные | | | | | | | | | | | | | | |
| 682 | 779 | 10 | 32 | 36 | — | 241 | | | | | | | | |
| Закалка Отпуск | | 880–900 640–660 | Масло Воздух | Прутки, штанги, полосы 25 | 750 | 900 | 14 | 50 | 60 | — | — | | | |

| 25X1M1Ф (P2, P2MA) | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|--|-----------------------------|--|---|---|--------------------------------|--------------------|------------|--|------|------------------|-----|------------------------------|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| [5] | Двойная нормализация Отпуск | 980±10, 7,5 ч 940±10, 6,5 ч 690±10, 14,5 ч | Воздух Воздух С печью | 200 | 20 450 500 550 | Ротор, бочка диаметром 840 мм; слиток 8 т | | | | | | — — — — | | |
| | | | | | | Образцы тангенциальные | | | | | | | | |
| | | | | | | 300 | 20 | 570 | 740 | 19 | 61 | | 75 | — |
| | | | | | | | 450 | 490 | 595 | 18 | 63,5 | | 118 | — |
| | | | | | | | 500 | 465 | 540 | 18,5 | 68 | | 105 | — |
| | | | | | | 420 | 550 | 420 | 470 | 18,5 | 69,5 | | 103 | — |
| | | | | | | | 20 | 585 | 735 | 17,5 | 64 | | 80 | — |
| | | | | | | | 450 | 495 | 595 | 16 | 63,5 | | 120 | — |
| | | | | | | 420 | 500 | 475 | 555 | 17 | 67,5 | | 120 | — |
| | | | | | | | 550 | 450 | 495 | 17,5 | 73,5 | | 110 | — |
| | | | | | | | Образцы радиальные | | | | | | | |
| | | | | | | 200 | 20 | 530 | 705 | 15,5 | 44,5 | | 90 | — |
| | | | | 450 | 440 | | 560 | 19 | 57 | 120 | — | | | |
| | | | | 500 | 400 | | 485 | 18,5 | 64 | 105 | — | | | |
| | | | | 550 | — | | — | — | — | 100 | — | | | |
| | | | | 400 | 20 | 565 | 730 | 17 | 68 | 100 | — | | | |
| | | | | | 450 | 510 | 610 | 15 | 62 | 125 | — | | | |
| | | | | | 500 | 475 | 545 | 17,5 | 67 | 110 | — | | | |
| | | | | | 550 | 460 | 510 | 18,5 | 74 | 110 | — | | | |
| | | | | Поковки | Ротор, бочка диаметром 1000 мм; слиток 33,7 т | | | | | | — | | | |
| | | | | | Образцы тангенциальные, из разных мест | | | | | | | | | |
| | | | | | 20 | 430 | 680 | 15,5 | 57 | 15 | | — | | |
| | | | | Нормализация Отпуск | 950 680, 10 ч | Воздух Воздух | Пруток ø 70 | Образцы продольные | | | | | | 255 — — — — — |
| | | | | | | | | 20 | 785 | 870 | 19 | 69 | 190 | |
| 300 | 680 | 790 | 17,5 | | | | | 69,5 | 170 | | | | | |
| 400 | 600 | 720 | 17 | | | | | 69 | 130 | | | | | |
| 450 | 600 | 700 | 18 | | | | | 73 | 130 | | | | | |
| 500 | 540 | 610 | 19 | | | | | 74 | 100 | | | | | |
| 550 | 480 | 520 | 19 | | | | | 81 | 130 | | | | | |
| 600 | 440 | 460 | 26 | 86 | 200 | | | | | | | | | |
| Нормализация Отпуск | 950 700–710, 10 ч | Воздух Воздух | Пруток ø 70 | Образцы продольные | | | | | | 217 — — — — | | | | |
| | | | | 20 | 620 | 780 | 16 | 64 | 110 | | | | | |
| | | | | 100 | 600 | 730 | 16 | 65 | 180 | | | | | |
| | | | | 300 | 580 | 710 | 13 | 60 | 150 | | | | | |
| | | | | 500 | 450 | 510 | 16 | 70 | 120 | | | | | |
| 600 | 370 | 390 | 18 | 84 | 100 | | | | | | | | | |
| Закалка Отпуск | 950 670–690, 8 ч | Масло Воздух | — | Диск диаметром 1020 мм, высотой 250 мм; слиток 2,5 т | | | | | | 211 — — — — — — — — — — — — — | | | | |
| | | | | Образцы тангенциальные, с периферии | | | | | | | | | | |
| | | | | 20 | 660 | 790 | 21 | 65,5 | 130 | | | | | |
| | | | | 200 | 620 | 725 | 15 | 59,5 | 150 | | | | | |
| | | | | 400 | 570 | 675 | 15 | 61 | 135 | | | | | |
| | | | | 450 | 545 | 630 | 12 | 63,5 | 135 | | | | | |
| | | | | 500 | 520 | 615 | 14 | 71,5 | 110 | | | | | |
| | | | | 565 | 510 | 520 | 15,5 | 76,5 | 110 | | | | | |
| | | | | 580 | 465 | 490 | 18 | 81 | 105 | | | | | |
| | | | | 600 | 440 | 465 | 16 | 73,5 | 110 | | | | | |
| | | | | Образцы тангенциальные, из центра | | | | | | | | | | |
| | | | | 20 | 670 | 795 | 19 | 57 | 85 | | | | | |
| | | | | 200 | 525 | 685 | 15,5 | 43,5 | 175 | | | | | |
| | | | | 400 | 500 | 630 | 14 | 38 | 160 | | | | | |
| 450 | 475 | 610 | 13,5 | 43,5 | 150 | | | | | | | | | |
| 500 | 440 | 535 | 15,5 | 55 | 180 | | | | | | | | | |
| 565 | 410 | 450 | 21 | 78 | 180 | | | | | | | | | |
| 580 | 380 | 410 | 24 | 79,5 | 180 | | | | | | | | | |
| 600 | 335 | 345 | 20 | 88,5 | 195 | | | | | | | | | |

| 25X1M1Ф (P2, P2MA) | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|-------|-------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|--|
| Механические свойства стали (поковки из слитков разной массы) при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Место вырезки образца | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Двойная нормализация Отпуск | ПС | | Шейка, низ слитка Шейка, верх слитка Бочка (кольцо) Бочка (кольцо) Бочка (кольцо) | не менее | | | | | | |
| | | | | | Слиток 28,5–64 т | | | | | | |
| | | | | | Образцы тангенциальные | | | | | | |
| | | | | | 580 | 710 | 18 | 60 | 95 | 212 | |
| | | | | | 580 | 710 | 18 | 63 | 100 | 212 | |
| | | | | | 570 | 710 | 16 | 56 | 60 | 207 | |
| | | | | | 480 | 650 | 17 | 61 | 90 | 187 | |
| | | | | | 520 | 660 | 19 | 65 | — | 197 | |
| | | | | | Образцы продольные | | | | | | |
| | | | | | 600 | 720 | 19 | 66 | 110 | 212 | |
| | | | | | 600 | 720 | 19 | 64 | 90 | 217 | |
| | | | | | 570 | 700 | 17 | 64 | 100 | 207 | |
| | | | | | Слиток 8 т | | | | | | |
| | | | | | Образцы продольные | | | | | | |
| | | | | | 540 | 695 | 20 | 63 | 118 | — | |
| | | | | | 630 | 760 | 17,5 | 64 | 90 | — | |
| Слиток 30–33 т | | | | | | | | | | | |
| Образцы продольные | | | | | | | | | | | |
| 570 | 750 | 16 | 60 | 60 | — | | | | | | |
| 530 | 700 | 18 | 58 | 32 | — | | | | | | |

| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|----------------|------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|------|-----|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | | | |
| [5] | | ПС | | | | не менее | | | | | | | |
| | | | | | | Поковки роторов из слитка 8–33 т | | | | | | | |
| | | | | | | Образцы тангенциальные | | | | | | | |
| | | | | | | Исходное состояние | | 580 | 740 | 17 | 64 | 90 | — |
| | | | | | | 500 | 10000 | 580 | 720 | 18 | 65 | 65 | — |
| | | | | | | 550 | 5000 | 470 | 660 | 21 | 67 | 110 | — |
| | | | | | | 550 | 10000 | 470 | 660 | 19 | 67 | 130 | — |
| | | | | | | Поковки роторов из слитка 51–64 т | | | | | | | |
| | | | | | | Образцы тангенциальные | | | | | | | |
| | | | | | | Исходное состояние | | 580 | 730 | 16 | 56 | 60 | 217 |
| | | | | | | 500 | 10000 | 630 | 780 | 16 | 61 | 80 | — |
| | | | | | | 550 | 10000 | 620 | 750 | 16,5 | 60 | 65 | 229 |
| | | | | | | Прутки диаметром 70 мм | | | | | | | |
| | | | | | | Образцы продольные | | | | | | | |
| | | | | | | Исходное состояние | | 785 | 870 | 19 | 69 | 190 | 255 |
| | | | | | | 500 | 10000 | 715 | 815 | 20 | 68,5 | 190 | 248 |
| | | | | | | 565 | 3000 | 630 | 710 | 24,5 | 71 | 210 | 193 |
| | | | | | | 565 | 10000 | 615 | 700 | 23,5 | 70,5 | 210 | 217 |
| | | | | | | Диски | | | | | | | |
| | | | | | | Образцы тангенциальные | | | | | | | |
| | | | | | | Исходное состояние | | 670 | 795 | 19,5 | 63,5 | 135 | 241 |
| | | | | | | 450 | 10000 | 665 | 805 | 19 | 60,5 | 80 | 241 |
| | | | | | | 500 | 10000 | 650 | 780 | 20 | 64 | 100 | 241 |
| | | | | | | 565 | 5000 | 660 | 745 | 21 | 65 | 110 | 235 |
| 565 | 10000 | 530 | 650 | 22 | 64 | 105 | 196 | | | | | | |
| 600 | 5000 | 530 | 665 | 21,5 | 66,5 | 150 | 207 | | | | | | |
| 600 | 10000 | 450 | 590 | 25 | 65 | 150 | 174 | | | | | | |

| Механические свойства стали (образцы тангенциальные) при различных температурах после испытания на ползучесть | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------------------|-------------------------|------------------------------|------------|-------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Испытание на ползучесть | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | σ , Н/мм ² | τ , ч | | | | | | | |
| [5] | ПС | | | — | — | — | 20 | 595 | 760 | 16,5 | 57,5 | 90 | — |
| | | | | 500 | 100–230 | 2000 | 20 | 580 | 740 | 16,5 | 58 | 83 | — |
| | | | | — | — | — | 500 | 465 | 540 | 18,5 | 68 | 93 | — |
| | | | | 500 | 180 | 1740 | 500 | 450 | 550 | 18 | 58 | 89 | — |
| | | | | 515 | 180 | 1300 | 500 | 450 | 550 | 18 | 58 | 89 | — |

| 25X1M1Ф (P2, P2MA) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------|--|--|--|------|-------------------|------|-------|-------|-------|-----|
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | | | | | | | |
| [5] | ПС | | | 450 | 440 | 390 | 290 | | | | | | | |
| | | | | 480 | — | — | 220 | | | | | | | |
| | | | | 500 | 260 | 220 | 140 | | | | | | | |
| | | | | 525 | 230 | 180 | 125 | | | | | | | |
| | | | | 550 | 205 | 150 | 95 | | | | | | | |
| | | | | 575 | 140 | 100 | — | | | | | | | |
| Релаксационная стойкость стали (одно нагружение) в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ ₀ , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ _r , Н/мм ² , за время t, ч | | | | | | | | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 5000 | 8000 | 10000 | 15000 | |
| [5] | Нормализация | 950 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 700 | Воздух | 450 | 250 | 195 | 188 | 179 | 173 | 170 | 166 | 163 | 160 | 241 |
| | | 660 | Воздух | 450 | 300 | 235 | 220 | 216 | 206 | 200 | 197 | 194 | 188 | 255 |
| | | 660 | Воздух | 450 | 350 | 270 | 253 | 245 | 233 | 228 | 222 | 218 | 208 | 255 |
| | | 650–660 | Воздух | 500 | 250 | 163 | 145 | 137 | 105 | 93 | 77 | (75) | — | 286 |
| | | 650–660 | Воздух | 500 | 300 | 199 | 183 | 175 | 151 | 142 | 126 | 116 | 100 | 293 |
| | | 650–660 | Воздух | 500 | 350 | 219 | 197 | 188 | 163 | 153 | 136 | 118 | 110 | 302 |
| | | 650–660 | Воздух | 500 | 300 | 181 | — | 154 | 125 | 109 | (100) | — | — | 255 |
| | | 650–670 | Воздух | 525 | 200 | 147 | 140 | 132 | 110 | 97 | 86 | 80 | — | — |
| | | 650–670 | Воздух | 525 | 250 | 183 | 171 | 165 | 140 | 124 | 106 | 100 | — | — |
| | | 650–670 | Воздух | 525 | 300 | 222 | 202 | 195 | 168 | 148 | 132 | 125 | — | — |
| В скобках даны экстраполированные значения. | | | | | | | | | | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | | | База испытаний, ч | | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | Окалиностойкая до 500°C | | | | | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | | 59–118 | | | | | | | | | | | |
| 10000 | 500 | 78–98 | | | | | | | | | | | | |
| 10000 | 550 | 64–74 | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | | 320 | 1000 | | | 2 | | | | | |
| Точечная | | Вода деминерализованная | | | 320 | 1000 | | | Подвержена | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Вода деминерализованная | | | 320 | 1000 | | | Не подвержена | | | | | |
| Межкристаллитная | | Не определяется | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток | 1240–800 | До 250 51–100 | В штабелях на воздухе В ящиках | | До 50 | В штабелях на воздухе | | | | | | | | |
| Заготовка | 1240–780 | 101–700 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | 51–100 | В ящиках | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 240–260 НВ и σ _в = 960 Н/мм ² K _α = 0,7 (твердый сплав) | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|--------|--|---------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------------|----|-------------------------|--------|
| 20Х1М1Ф1ТР (ЭП 182) | | Поковки — ГОСТ 8479–70. Сортовой прокат — ГОСТ 20072–74. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 20072–74 | | | | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Ti ¹ | Al | B | Cu |
| 0,17–0,24 | ≤ 0,37 | ≤ 0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 0,90–1,40 | ≤ 0,30 | 0,80–1,10 | 0,70–1,00 | 0,05–0,12 | — | ≤ 0,005 (по расчету) | ≤ 0,20 |

¹ Для стали электрошлакового переплава содержание Ti не более 0,12% без ограничения по нижнему пределу.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ | КП |
|--------------|---|-------|-------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | | | | До 100 | 685 | 835 | 13 | 42 | 59 | 262–311 | 685 |
| | После окончательной термообработки (нормализация, отпуск) | | | Свыше 100 до 300 | 490 | 655 | 13 | 40 | 54 | 212–248 | 490 |
| | | | | | 590 | 735 | 13 | 40 | 49 | 235–277 | 590 |

Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы.

По механическим свойствам поковки, поставляемые после окончательной термической обработки, разделяются на категории прочности. Категории прочности, соответствующие им нормы механических свойств, определяемые при испытании на продольных образцах, и нормы твердости приведены в таблице.

Нормы твердости для поковок II и III групп и категории прочности для поковок IV и V групп устанавливаются по соглашению изготовителя с потребителем. Марка стали для всех групп устанавливается по соглашению изготовителя с потребителем и указывается на чертеже детали и поковки.

По требованию потребителя временное сопротивление должно быть выше указанной в таблице для заданной категории прочности, не более:

120 Н/мм² при требуемом σ_B менее 600 Н/мм²,

150 Н/мм² при требуемом σ_B 600–900 Н/мм²,

200 Н/мм² при требуемом σ_B более 900 Н/мм².

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------|----------------------|---------|-------------------|---------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20072–74 | | | | До 90 | 655 | 780 | 15 | 50 | 59 | — | ≤ 229 |
| | Закалка | 970–990 | Масло | От 91 до 150 | 655 | 780 | 13 | 45 | 53 | — | ≤ 229 |
| | | | | От 151 и выше | 655 | 780 | 12 | 40 | 50 | — | ≤ 229 |

Примечания.

1. Нормы механических свойств прутков диаметром или толщиной свыше 90 мм, перекаленных или перекованных на круг или квадрат размером 90 мм, должны соответствовать требованиям таблицы.

2. Твердость горячекатаной и кованой отожженной, отпущенной или нормализованной с высоким отпуском стали должна соответствовать ≤ 229 НВ.

3. Горячекатаная, кованая и калиброванная сталь, предназначенная для осадки, горячей высадки и штамповки, должна быть испытана на осадку в горячем состоянии.

4. В стали высшей категории качества ограничивается временное сопротивление разрыву: минимальное допустимое значение должно соответствовать значениям, указанным в таблице, а максимальное не должно быть больше минимального на 196 Н/мм².

5. Макроструктура стали должна соответствовать требованиям таблицы 5 данного ГОСТ. Макроструктура не должна иметь усадочной раковины, подсадочной ликвации, рыхлости, газовых раковин, трещин, флокенов, шлаковых включений, заворота корочки, видимых без увеличительных приборов.

Пределы длительной прочности

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | |
|---------------|----------------------|---------|-------------------|--------|---|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ |
| ГОСТ 20072–74 | Закалка | 970–990 | Масло | 450 | 471 | 441 |
| | | | | Отпуск | 680–720 | Воздух |
| | | | | 540 | 324 | 275 |
| | | | | 565 | 284 | 245 |
| | | | | 580 | 265 | 196 |

| 20Х1М1Ф1ТР (ЭП 182) | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | |
|---------------------|----------------------|---|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Закалка Отпуск | 970–990 680–720 ¹ | Масло Воздух | До 200 | не менее или в пределах | | | | | | — | 241–277 |
| | | | | | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | | | | | | |
| | | | | | 667–784 | 784 | 15 | 50 | 59 | — | | |
| | | | | | Гайки | | | | | | | |
| | | | | | — | — | — | — | — | — | 197–229 | |

¹ Температура отпуска гаек должна быть выше на 30°C.

Примечания.

1. Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
3. Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.
4. Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.
5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше $10^4/\sigma_b$ (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------------------------------|-------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| ГОСТ 20700–75 | Закалка Отпуск | 970–990 680–720 ¹ | Масло Воздух | 425 | 500 | 460 | — | — |
| | | | | 450 | 480 | 450 | — | — |
| | | | | 500 | 390 | 330 | — | — |
| | | | | 525 | 350 | 300 | — | — |
| | | | | 550 | 330 | 280 | — | — |
| | | | | 565 | 290 | 250 | — | 120 |
| | | | | 580 | 270 | 200 | — | 95 |

| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------|-------|--------------------------------|--|------|------|------|------|-------|-------|------------------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_t , Н/мм ² , за время t, ч | | | | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 1000 | 3000 | 5000 | 8000 | 10000 | 12000 | |
| ГОСТ 20700–75 | Закалка Отпуск | 970–990 680–720 ¹ | Масло Воздух | 450 | 250 | 215 | 207 | 203 | 201 | 197 | 194 | 194 | 750 |
| | | | | 450 | 300 | 258 | 250 | 243 | 238 | 236 | 232 | 232 | |
| | | | | 450 | 350 | 298 | 288 | 281 | 275 | 272 | 270 | 269 | |
| | | | | 500 | 250 | 202 | 193 | 186 | 182 | 176 | 174 | — | |
| | | | | 500 | 300 | 243 | 228 | 225 | 219 | 213 | 207 | 203 | |
| | | | | 500 | 350 | 282 | 262 | 252 | 249 | 243 | 242 | 226 | |
| | | | | 565 | 200 | 144 | 132 | 116 | 112 | 105 | 103 | — | |
| | | | | 565 | 250 | 175 | 150 | 135 | 124 | 116 | 111 | 97 | |
| | | | | 565 | 300 | 198 | 175 | 155 | 143 | 133 | 131 | — | |
| | | | | 565 | 350 | 224 | 191 | 168 | — | — | (145) | — | |
| | | | | 580 | 250 | 162 | 140 | 123 | 116 | 102 | 87 | — | |
| | | | | 580 | 300 | 177 | 151 | 138 | 129 | 112 | 105 | 105 | |
| | | | | 580 | 350 | 206 | 175 | 150 | 133 | — | (115) | — | |

В скобках даны экстраполированные значения.

Назначение. Крепежные детали для фланцевых соединений паропроводов и турбин, а также штифты, крепящие замки к околозамковым лопаткам или ободу диска, работающих при температуре 500–580°C.
Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

| Механические свойства при комнатной температуре по сечению (продольные образцы) | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|------------|-------------------|--------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Место вырезки образцов | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5, 7] | Закалка Отпуск | 980 720 | Масло Воздух | Заготовка Ø 220 | Периферия Центр | 670 | 810 | 16 | 62 | 90 | 255 |
| | | | | | | 630 | 760 | 15 | 60 | 100 | 241 |
| | Закалка Отпуск | 980 700 | Масло Воздух | Заготовка Ø 180 | Периферия Центр | 750 | 860 | 15 | 62 | 90 | 286 |
| | | | | | | 700 | 825 | 15 | 61 | 100 | 255 |

| 20Х1М1Ф1ТР (ЭП 182) | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|------------|-------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------------------|
| Механические свойства при комнатной температуре (продольные образцы) | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | d ₁₀ , мм |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5, 7] | Закалка | 980 | Масло | Прокат | 700 | 800 | 15 | 60 | 60 | — | — |
| | Отпуск | 700, 5–7 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 970–990 | Масло | Шпильки | 680 | 800 | 15 | 50 | 60 | 255 | 3,6 |
| | Отпуск | 680–720 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 970–990 | Масло | Шпильки | — | — | — | — | — | 229 | 4,0 |
| Отпуск | 700–750 | Воздух | | | | | | | | | |
| Закалка Высокий отпуск | ПС | | | Сорт 160 | 680 | 800 | 15 | 45 | 50 | 241 | 3,9 |
| | | | | Поковки ¹ 200 | 500 | 650 | 18 | 50 | 70 | 197 | 4,3 |
| | | | | 180 | 600 | 730 | 16 | 45 | 60 | 217 | 4,1 |
| | | | | 160 | 680 | 800 | 15 | 45 | 50 | 241 | 3,9 |

¹ Для тангенциальных образцов допускается снижение $\sigma_{0,2}$ и σ_b на 5%, δ и КСУ на 25%, ψ на 20%. Для радиальных образцов снижение допустимо: $\sigma_{0,2}$ и σ_b на 10%, δ и ψ на 35%, КСУ на 40%.

| Механические свойства при различных температурах (продольные образцы) | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|-----------------------|-------------------|---|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5, 7] | Отжиг Закалка Отпуск | 950 980 680–720 | Масло Воздух | Пруток Ø 70–180 Полоса 75 × 45 | 20 | 765 | 865 | 17 | 64 | 150 | 255 |
| | | | | | 100 | 720 | 820 | 16 | 66 | 175 | 255 |
| | | | | | 200 | 720 | 820 | 16 | 60 | 170 | 255 |
| | | | | | 300 | 710 | 810 | 16 | 71 | 170 | 255 |
| | | | | | 400 | 650 | 730 | 15 | 63 | 140 | 255 |
| | | | | | 450 | 630 | 700 | 15 | 70 | 135 | 255 |
| | | | | | 500 | 590 | 650 | 15 | 73 | 140 | 255 |
| | | | | | 550 | 550 | 580 | 15 | 73 | 135 | 255 |
| | | | | | 565 | 550 | 580 | 15 | 75 | 130 | 255 |
| | | | | | 580 | 530 | 550 | 15 | 75 | 165 | 255 |
| | | | | | 600 | 470 | 480 | 15 | 78 | 155 | 255 |
| | | | | | 625 | 470 | 480 | 16 | 80 | 160 | 255 |
| | | | | | 650 | 450 | 470 | 15 | 78 | 190 | 255 |
| 700 | 350 | 380 | 15 | 82 | 240 | 255 | | | | | |

Состав стали: 0,19–0,26% С; 1,08–1,42% Cr; 1,00–1,13% Mo; 0,90–1,02% V; 0,06–0,09% Ti; 0,005–0,012% В (по расчету)

| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | t, °С | t, ч | | | | | | |
| [5, 7] | Отжиг Закалка Отпуск | 900 980 700 | Масло Воздух | Исходное состояние | | 775 | 926 | 14,4 | 57,6 | 92 | 286 |
| | | | | 450 | 10000 | 761 | 912 | 18,3 | 54,2 | 81 | 271 |
| | | | | 500 | 10000 | 769 | 908 | 18,2 | 62,6 | 86 | 271 |
| | | | | 565 | 10000 | 685 | 810 | 15,5 | 57,7 | 135 | 255 |
| | | | | 600 | 10000 | 585 | 685 | 21,5 | 69,0 | 185 | 217 |
| | | | | 600 | 3000 | 620 | 760 | 19,0 | 65,5 | 175 | 235 |
| | Отжиг Закалка Отпуск | 900 980 720 | Масло Воздух | Исходное состояние | | 650 | 780 | 18,0 | 62,0 | 110 | 241 |
| | | | | 500 | 10000 | 685 | 820 | 17,5 | 62,5 | 105 | 241 |
| | | | | 565 | 10000 | 655 | 760 | 18,5 | 64,0 | 115 | 241 |
| | | | | 600 | 10000 | 605 | 725 | 19,0 | 67,0 | 140 | 217 |

| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------------------|-------|---|-------------------|--|
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | |
| [5, 7] | Рекомендованный | | | 450 | 480 | 450 | — |
| | | | | 500 | 390 | 330 | — |
| | | | | 540 | 330 | 280 | — |
| | | | | 565 | 290 | 250 | 120 |
| | | | | 580 | 270 | 200 | 95 |

| 20Х1М1Ф1ТР (ЭП 182) | | Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|--------------------------|-------|------------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ ₀ , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ _r , Н/мм ² , за время t, ч | | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 1000 | 3000 | 5000 | 8000 | 10000 | 12000 | 15000 | 18000 |
| [5] | Закалка | 980 | Масло | 450 | 250 | 215 | 207 | 203 | 201 | 197 | 194 | 194 | 187 | — |
| | Отпуск | 700, 5–7 ч | Воздух | 450 | 300 | 258 | 250 | 243 | 238 | 236 | 232 | 232 | 225 | — |
| | | | | 450 | 350 | 298 | 288 | 281 | 275 | 272 | 270 | 269 | 261 | — |
| | | | | 500 | 250 | 202 | 193 | 186 | 182 | 176 | 174 | — | — | — |
| | | | | 500 | 300 | 243 | 228 | 225 | 219 | 213 | 207 | 203 | 197 | 192 |
| | | | | 500 | 350 | 282 | 262 | 252 | 249 | 243 | 242 | 226 | 219 | 217 |
| | | | | 565 | 200 | 144 | 132 | 116 | 112 | 105 | 103 | — | — | — |
| | | | | 565 | 250 | 175 | 150 | 135 | 124 | 116 | 111 | 97 | — | — |
| | | | | 565 | 300 | 198 | 175 | 155 | 143 | 133 | 131 | — | — | — |
| | | | | 565 | 350 | 224 | 191 | 168 | — | — | (145) | — | — | — |
| | | | | 580 | 250 | 162 | 140 | 123 | 116 | 102 | 87 | — | — | — |
| | | | | 580 | 300 | 177 | 151 | 138 | 129 | 112 | 105 | 105 | 101 | 97 |
| | | | | 580 | 350 | 206 | 175 | 150 | 133 | — | (115) | — | — | — |
| В скобках даны экстраполированные значения. σ _{0.2} = 750 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч [1] | | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | | | |
| 0,88 (при 580°C) 0,84 (при 500°C) | | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | | | База испытаний, ч | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | | Окалиностойкая до 525°C | | | | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | | 88–98 | | | | | | | | | | | |
| 10000 | 565 | 132 | | | | | | | | | | | | |
| 10000 | 600 | 181 | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | | 300 | 1000 | | | 1–2 | | | | | |
| Точечная | | Вода деминерализованная | | | 300 | 1000 | | | Подвержена | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Вода деминерализованная | | | 300 | 1000 | | | Не подвержена | | | | | |
| Межкристаллитная | | Не определяется | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1220–850 | До 120 | Отжиг низкотемпературный | | | До 120 | Отжиг низкотемпературный | | | | | | | |
| Заготовка | 1180–850 | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | | Температура критических точек, °C | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 255–260 НВ и σ _b = 960 Н/мм ² K _v = 0,80 (твердый сплав), K _v = 0,45 (быстрорежущая сталь) | | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ag ₁ | Ag ₃ | | | | |
| | | | | | | | 800–830 | 890–930 | — | — | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Марка стали | Вид поставки | | | | | | | | | | |
| 20Х1М1Ф1БР (ЭП 44) | Сортовой прокат — ГОСТ 20072–74, ТУ 14–1–552–72. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78. | | | | | | | | | | |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 20072–74

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-----------|---------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Nb | B | Ce |
| 0,18–0,25 | ≤ 0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 1,00–1,50 | ≤ 0,30 | 0,80–1,10 | 0,70–1,00 | 0,05–0,15 | ≤ 0,005 | ≤ 0,20 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | | | | | |
|--------------------|----------------------|-----------|-------------------|---------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 20072–74 | I вариант | | | До 90 | 665 | 780 | 15 | 50 | 59 | 229 | — | | | | | |
| | Закалка | 970–990 | Масло | От 91 до 150 | 665 | 780 | 13 | 45 | 53 | 229 | — | | | | | |
| | | | | От 151 и выше | 665 | 780 | 12 | 40 | 50 | 229 | — | | | | | |
| | II вариант | | | До 90 | 665 | 780 | 14 | 50 | 59 | 229 | — | | | | | |
| | Нормализация | 1030–1050 | Воздух | От 91 до 150 | 665 | 780 | 12 | 45 | 53 | 229 | — | | | | | |
| | | | | От 151 и выше | 665 | 780 | 10 | 40 | 50 | 229 | — | | | | | |
| Отпуск ступенчатый | 600, 3 ч 720, 6 ч | Воздух | | | | | | | | | | | | | | |

Примечания.

1. Нормы механических свойств прутков диаметром или толщиной свыше 90 мм, перекаленных или перекованных на круг или квадрат размером 90 мм, должны соответствовать требованиям таблицы.
2. Ударная вязкость по требованию потребителя.
3. Твердость горячекатаной и кованой отожженной, отпущенной или нормализованной с высоким отпуском стали должна соответствовать ≤ 229 НВ.
4. Горячекатаная, кованая и калиброванная сталь, предназначенная для осадки, горячей высадки и штамповки, должна быть испытана на осадку в горячем состоянии.
5. В стали высшей категории качества ограничивается временное сопротивление разрыву: минимальное допустимое значение должно соответствовать значениям, указанным в таблице, а максимальное не должно быть больше минимального на 196 Н/мм².
6. Макроструктура стали должна соответствовать требованиям таблицы 5 данного ГОСТ. Макроструктура не должна иметь усадочной раковины, подусадочной ликвации, рыхлости, газовых раковин, трещин, флокенов, шлаковых включений, заворота корочки, видимых без увеличительных приборов.
7. Сталь обрабатывается по режиму термообработки (I вариант).
8. С обязательным выполнением УЗК по п. 2.13 данного ГОСТ (Примечание 17 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

Пределы длительной прочности

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | |
|---------------|----------------------|--------------|-------------------|-------|---|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ |
| | | | | | | |
| ГОСТ 20072–74 | Закалка | 970–990 | Масло | 450 | 481 | 392 |
| | | | | 500 | 343 | 294 |
| | Отпуск | 680–720, 6 ч | Воздух | 525 | 304 | 260 |
| | | | | 550 | 270 | 230 |
| | | | | 565 | 255 | 216 |
| | | | | 580 | 235 | 196 |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | | | | | |
|---------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|-------------------------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Закалка | 970–990 | Масло | До 200 | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 667–784 | 686 | 14 | 50 | 59 | 241–277 | 665 | | | | | |
| | Отпуск | 680–720 | Воздух | | Гайки | | | | | | | | | | | |
| | | | | | — | — | — | — | — | 197–229 | — | | | | | |

Примечания.

1. Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
3. Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.
4. Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.

20Х1М1Ф1БР (ЭП 44)

Механические свойства

5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше $10^4/\sigma_b$ (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454-78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|---------------|----------------------|--------------------|-------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700-75 | Закалка Отпуск | 970-990 680-720 | Масло Воздух | 450 | 490 | 400 | — | 240 |
| | | | | 500 | 350 | 300 | — | 160 |
| | | | | 525 | 310 | 265 | — | — |
| | | | | 550 | 275 | 235 | — | — |
| | | | | 565 | 260 | 220 | — | 110 |
| | | | | 580 | 240 | 200 | — | — |

Релаксационная стойкость

| НД | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время t, ч | | | | | | | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² |
|---------------|-------|--------------------------------|--|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------------------------------------|
| | | | 100 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 | 8000 | 10000 | 12000 | |
| ГОСТ 20700-75 | 450 | 250 | 215 | 212 | 210 | 208 | 206 | 203 | 200 | 196 | 195 | 193 | 680-800 |
| | 450 | 300 | 255 | 250 | 248 | 245 | 242 | 240 | 237 | 234 | 232 | 230 | |
| | 450 | 350 | 300 | 295 | 288 | 285 | 280 | 278 | 275 | 272 | 270 | 267 | |
| | 500 | 250 | 210 | 195 | 192 | 187 | 185 | 182 | 180 | 175 | (170) | — | |
| | 500 | 300 | 240 | 225 | 220 | 218 | 216 | 210 | 206 | 203 | (200) | — | |
| | 500 | 350 | 290 | 275 | 265 | 260 | 255 | 248 | 242 | 235 | (230) | — | |
| | 565 | 250 | 165 | 155 | 143 | 132 | 125 | 120 | 115 | 108 | 103 | 100 | |
| | 565 | 300 | 200 | 180 | 173 | 155 | 150 | 143 | 140 | 132 | 130 | 128 | |
| | 565 | 350 | 226 | 200 | 190 | 176 | 170 | 165 | 160 | 150 | 145 | 140 | |
| | 580 | 250 | 157 | 135 | 127 | 117 | 110 | 106 | 104 | 100 | 98 | 95 | |
| | 580 | 300 | 150 | 163 | 153 | 140 | 132 | 125 | 120 | 110 | 108 | 105 | |
| | 580 | 350 | 220 | 195 | 175 | 160 | 150 | 140 | 135 | 120 | 115 | — | |

В скобках даны экстраполированные значения.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | | | | | | |
|---------------|--|--------------------|-------------------|-------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|----|-------------------------|-----|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | не менее или в пределах | | | | | |
| ГОСТ 23304-78 | Закалка Отпуск | 970-990 680-720 | Масло Воздух | До 200 | Болты и шпильки | | | | | | | | 241-277 | 685 | | | | |
| | | | | | не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | | |
| | Гайки, плоские подкладные шайбы ¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка Отпуск | 970-990 700-735 | Масло Воздух | | не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | | |
| | не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | | | | | | |

¹ Сталь ограниченного применения.

Примечания.

- При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм, указанных в таблице для $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , ψ , КСУ соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%.
- Для крепежных деталей групп качества 0, 0a и 1 производить дополнительно определение ударной вязкости КСВ на образцах типа 11 по ГОСТ 9454-78.
- На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футурки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.
- В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин. Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более. Для болтов и шпилек групп качества 3 и За контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.
- Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 685; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 490.

Назначение. Крепежные детали турбин и фланцевых соединений реакторов, парогенераторов, паропроводов и аппаратуры, работающих при температуре 500-580°C.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [5] | | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|----------------|---|---|------|------|------|------|-------|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | - 100 | |
| — | — | | — | — | 76 | 69 | 58 | 41 | 33 | |

| 20X1M1Ф1БР (ЭП 44) | | Механические свойства при различных температурах (образцы продольные) | | | | | | | | | |
|--------------------|------------------------|---|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация Отпуск | 1030–1050, 1 ч 600, 3 ч 700–725, 6 ч | | Прутки | 20 | 740 | 860 | 16,0 | 64 | 50 | 255 |
| | | | | | 400 | 660 | 765 | 14,5 | 66 | 175 | — |
| | | | | | 500 | 610 | 665 | 13,0 | 71 | 155 | — |
| | | | | | 525 | 610 | 660 | 16,0 | 69 | 118 | — |
| | | | | | 550 | 545 | 580 | 11,7 | 74 | 166 | — |
| | | | | | 565 | 507 | 545 | 11,7 | 75 | 161 | — |
| | | | | | 580 | 470 | 500 | 11,3 | 74 | 144 | — |
| | | | | | 600 | 480 | 515 | 14,5 | 74 | 140 | — |

Состав стали: 0,20% С; 1,50% Cr; 1,10% Mo; 0,89% V; 0,08% Nb; 0,005% В (по расчету)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация Отпуск | 1100, 0,5 ч 725–730, 6 ч | Воздух | Прутки | 20 | 800 | 910 | 14,0 | 56 | 50 | — |
| | | | | | 500 | 520 | 560 | 15,0 | 72 | 80 | — |

Состав стали: 0,22% С; 1,35% Cr; 1,03% Mo; 0,84% V; 0,11% Nb; 0,005% В (по расчету)

| Механические свойства стали при различных температурах | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация Отпуск | 1100 730, 5 ч | Воздух Воздух | Прутки | 20 | — | 900 | 15 | 55 | 40 | — |
| | | | | | 600 | — | 550 | 15 | 70 | — | — |
| | Нормализация Отпуск ¹ | 1030–1050 600, 3 ч 700–720, 6 ч | Воздух Воздух | Шпильки | 20 | 680 | 800 | 14 | 50 | 60 | 255 |
| | | | | Гайки | | — | — | — | — | — | 229 |

¹ Температура отпуска для гаек должна быть выше температуры отпуска для шпилек примерно на 15–30°С.

| Механические свойства по сечению образцов при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|-----------------------|-------------------|-------------|------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Место вырезки образца | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация Отпуск | 1100, 1 ч 725, 6 ч | Воздух Воздух | ø 150 | Периферия Центр | 20 | Образцы продольные | | | | | 285 |
| | | | | | | | 850 | 970 | 15 | 50 | — | |
| | | | | | | 580 | 590 | 620 | 15 | 58 | — | |
| | | | | | | | 20 | 780 | 900 | 13 | 44,5 | — |
| 580 | 560 | 590 | 14 | 60 | — | | | | | | | |

| Пределы длительной прочности и ползучести стали (образцы продольные) | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-------|---|-------------------|--|
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть ¹ , Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | |
| [5] | Рекомендованная | | | 450 | 490 | 400 | 240 |
| | | | | 500 | 350 | 300 | 160 |
| | | | | 525 | 310 | 260 | — |
| | | | | 565 | 230 | 180 | 110 |
| | | | | 580 | 210 | 160 | — |

¹ На кольцевых и цилиндрических образцах.

| Механические свойства при различных температурах в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|------------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация Отпуск | 1100 650, 6 ч | Воздух Воздух | Образцы | 20 | 958 | 1076 | 13,3 | 46,6 | 15 | 320 |
| | | | | | 580 | 621 | 648 | 13,0 | 65,6 | 52 | — |
| | Отпуск | 680, 6 ч | Воздух | Образцы | 20 | 824 | 970 | 16,2 | 47,2 | 24 | 325 |
| | | | | | 580 | 608 | 638 | 15,4 | 70,5 | 82 | — |
| | Отпуск | 700, 6 ч | Воздух | Образцы | 20 | 859 | 989 | 14,0 | 49,8 | 20 | 262 |
| | | | | | 580 | 638 | 672 | 12,4 | 75,0 | 70 | — |
| | Отпуск | 725, 6 ч | Воздух | Образцы | 20 | 810 | 910 | 14,0 | 56,0 | 59 | 246 |
| | | | | | 580 | 570 | 600 | 15,0 | 72,0 | 80 | — |
| | Отпуск | 750, 6 ч | Воздух | Образцы | 20 | 506 | 777 | 16,1 | 60,4 | 160 | 229 |
| | | | | | 580 | 394 | 458 | 16,6 | 74,2 | 80 | — |

20Х1М1Ф1БР (ЭП 44)

Релаксационная стойкость стали

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ ₀ | σ _{0,2} | Остаточное напряжение σ _r , Н/мм ² , за время τ, ч | | | | | | | |
|-----|----------------------|--------|---------------------------------------|------------------|----------------|------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | Н/мм ² | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 10000 | 12000 |
| [5] | Нормализация | 1100 | Воздух | 565 | 200 | 600 | 110 | 104 | 100 | 99 | 97 | (83) | (80) | |
| | | | | Отпуск | 750, 6 ч | | Воздух | 565 | 300 | 109 | 104 | 100 | 99 | 97 |
| | 565 | 350 | 142 | 138 | | 134 | | 131 | 128 | (112) | (107) | | | |
| | 580 | 250 | 94 | 86 | 85 | 84 | 82 | (76) | (74) | | | | | |
| | 580 | 300 | 100 | 94 | 91 | 89 | 88 | (83) | (81) | | | | | |
| | 580 | 350 | 115 | 113 | 108 | 106 | 103 | (95) | (92) | | | | | |
| | 600 | 250 | 86 | 84 | 84 | 83 | 82 | (76) | (75) | | | | | |
| | 600 | 300 | 94 | 92 | 92 | 91 | 90 | (84) | (82) | | | | | |
| | 600 | 350 | 117 | 115 | 110 | 107 | 105 | (95) | (91) | | | | | |
| | Нормализация | Отпуск | 1030–1050 600, 3 ч 725–730, 6 ч | Воздух Воздух | 450 | 280 | 750 | 240 | – | 240 | 238 | 225 | (222) | (210) |
| | | | | | 450 | 350 | | 295 | – | 293 | 292 | 280 | (270) | (260) |
| | | | | | 450 | 390 | | 330 | – | 328 | 325 | 320 | (300) | (295) |
| | | | | | 500 | 260 | | 208 | – | 198 | 195 | 188 | (170) | (162) |
| | | | | | 500 | 320 | | 250 | – | 240 | 235 | 220 | (212) | (208) |
| | | | | | 500 | 270 | | 290 | – | 275 | 270 | 260 | (248) | (242) |
| | | | | | 525 | 250 | | 188 | – | 178 | 172 | 167 | 160 | (155) |
| | | | | | 525 | 300 | | 225 | – | 205 | 199 | 197 | 185 | (180) |
| | | | | | 525 | 350 | | 248 | – | 235 | 229 | 225 | 205 | (200) |
| | | | | | 540 | 250 | | 149 | – | – | 135 | 128 | (120) | (116) |
| | | | | | 540 | 300 | | 178 | – | – | 160 | 153 | (139) | (130) |
| | | | | | 540 | 350 | | 200 | – | – | 180 | 175 | (160) | (150) |
| | | | | | 565 | 250 | | 140 | – | – | 125 | 120 | (107) | (103) |
| | | | | | 565 | 300 | | 160 | – | – | 151 | 140 | (131) | (112) |
| | | | | | 565 | 350 | | 198 | – | – | 167 | 157 | (147) | (143) |
| | 580 | 250 | 120 | – | – | 99 | 97 | (96) | (93) | | | | | |
| | 580 | 300 | 128 | – | – | 105 | 103 | (100) | (98) | | | | | |
| | 580 | 350 | 145 | – | – | 110 | 108 | (105) | (103) | | | | | |
| | Нормализация | Отпуск | 1100 725, 6 ч | Воздух Воздух | 565 | 250 | 800– 840 | 140 | 138 | 136 | 134 | 132 | (118) | (115) |
| | | | | | 565 | 300 | | 178 | 173 | 172 | 171 | 170 | (155) | (150) |
| | | | | | 565 | 350 | | 203 | 197 | 194 | 192 | (185) | (165) | (160) |
| | | | | | 580 | 250 | | 139 | 133 | 126 | 122 | 120 | (108) | (105) |
| | | | | | 580 | 300 | | 167 | 155 | 150 | 147 | 145 | (131) | (130) |
| | | | | | 580 | 350 | | 193 | 186 | 176 | 170 | 167 | (146) | (141) |
| 600 | | | | | 250 | 126 | | 115 | 103 | 102 | (100) | (90) | (87) | |
| 600 | | | | | 300 | 145 | | 133 | 120 | 117 | (115) | (105) | (100) | |
| 600 | | | | | 350 | 160 | | 147 | 133 | 129 | (127) | (114) | (110) | |

В скобках — экстраполированные значения.

| 20X1M1Ф1БР (ЭП 44) | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------------|---|-------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------|-------------------------|-----|
| Механические свойства при различных температурах после длительного старения | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | | |
| [5] | Нормализация | 1030–1050, 1 ч | Воздух | Прутки | Образцы продольные | | | | | | | | |
| | | | | | Исходное состояние | 20 | 750 | 890 | 15 | 60 | 80 | 255 | |
| | | | | | | 565 | 600 | 630 | 16 | 76 | 100 | — | |
| | | | | | Отпуск | 600, 2 ч 700±10, 6 ч | Воздух | Прутки | 525 | 10000 | 20 | 760 | 850 |
| | 580 | 10000 | 20 | 660 | | | | | 810 | 16 | 60 | 60 | — |
| | 600 | 10000 | 20 | 630 | | | | | 780 | 14 | 52 | 60 | — |
| | 600 | 6000 | 565 | 450 | | | | | 480 | 18 | 74 | 125 | — |
| | Нормализация | 1100 | Воздух | Прутки | Исходное состояние | | 580 | 570 | 600 | 15 | 75 | 100 | — |
| | | | | | 600 | 6000 | 580 | 430 | 490 | 18 | 68 | 130 | — |
| | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч [1, 2] | | | | | | Жаростойкость [1, 3] | | | | | | |
| 0,88 (при 580°C) 0,84 (при 500°C) | | | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1, 2] | | | | | | Окалиностойкая до 525°C | | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | | 78–98 | | | | | | | | | | |
| 10000 | 580 | 59–78 | | | | | | | | | | | |
| 10000 | 600 | 59–88 | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1, 6] | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | | | 300 | 1000 | 1–2 | | | | | |
| Точечная | | Вода деминерализованная | | | | 300 | 1000 | Подвержена | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Вода деминерализованная | | | | 300 | 1000 | Не подвержена | | | | | |
| Межкристаллитная | | Не определяется | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 6] | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1220–850 | До 200 | Отжиг низкотемпературный | | | До 200 | Отжиг низкотемпературный | | | | | | |
| Заготовка | 1180–850 | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 255–262 НВ и $\sigma_B = 960$ Н/мм ² $K_v = 0,80$ (твердый сплав), $K_v = 0,45$ (быстрорежущая сталь) | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | |
| | | | | | | | 810 | 950 | 690 | 800 | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
|----------------------------|-----------|--|---------|---------|-----------|-----------|--------|-----------|---------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----|
| 10ХСНД | | Сортовой, фасонный и полосовой прокат — ГОСТ 6713–91, ГОСТ 19281–89. Гнутые профили — ГОСТ 19281–89. Лист — ГОСТ 6713–91, ГОСТ 19281–89, ТУ 302.02.130–91. | | | | | | | | | НД | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | Cu | N | | | | | | | |
| ≤ 0,12 | 0,80–1,10 | 0,50–0,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,60–0,90 | 0,50–0,80 | ≤ 0,08 | 0,40–0,60 | ≤ 0,008 | ГОСТ 6713–91 ¹ | 700–730 | 840–860 | 620 | 780 | 435 | |
| ≤ 0,12 | 0,80–1,10 | 0,50–0,80 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | 0,60–0,90 | 0,50–0,80 | ≤ 0,08 | 0,40–0,60 | ≤ 0,012 | ГОСТ 19281–89 | | | | | | |

¹ В стали, раскисленной Al, остаточное содержание кислоторастворимого Al должно быть не менее 0,02%. Допускается применение других раскислителей, при этом должно быть обеспечено выполнение всех требований стандарта.

В прокате листовых конструкций северного исполнения массовая доля S не должна быть более 0,03%, P — не более 0,025%. Требования устанавливаются в заказе. По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготовление стали электрошлакового переплава.

В прокате из стали категории 3 массовая доля Si должна быть 0,70–1,00%.

Температура нагрева 930°С

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | КCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб |
|--------------|---|-------|-------------------|-------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|---|-------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 6713–91 | В горячекатаном или нормализованном состоянии | 8–15 | 20 | 390 | 530–685 | 19 | — | — | 29 ¹ | d=2a ² | d=1,5a ³ | |
| | | | –20 | — | — | — | — | — | 29 ⁴ | — | — | |
| | | | –40 | — | — | — | — | 39 ² | — | — | — | |
| | | | –60 | — | — | — | — | 29 ⁵ | — | — | — | |
| | | | –70 | — | — | — | — | 29 ⁴ | — | — | — | |
| | | | 20 | 390 | 530–670 | 19 | — | — | 29 ¹ | d=2a ² | d=1,5a ³ | |
| | | | –20 | — | — | — | — | — | 29 ⁴ | — | — | |
| | | | –60 | — | — | — | — | 29 ⁵ | — | — | — | |
| | | –70 | — | — | — | — | 29 ⁴ | — | — | — | | |
| | | 33–40 | 20 | 390 | 510–670 | 19 | — | — | 29 ¹ | d=2a ² | d=1,5a ³ | |
| | | –20 | — | — | — | — | — | — | 29 ⁴ | — | — | |
| | | –60 | — | — | — | — | 29 ⁵ | — | — | — | | |
| –70 | — | — | — | — | 29 ⁴ | — | — | — | | | | |

¹ Для проката 1, 2 категории.

² Для проката 1 категории.

³ Для проката 2, 3 категории.

⁴ Для проката 3 категории.

⁵ Для проката 2 категории.

При определении ударной вязкости на образцах типа 3 по ГОСТ 9454–78 значения ударной вязкости должны быть на 10 Дж/см² выше приведенных в таблице.

Ударная вязкость проката толщиной менее 5 мм не определяется.

Листовой прокат толщиной 16 мм и более изготавливают в нормализованном состоянии. При условии выполнения всех требований таблицы прокат может изготавливаться без термообработки.

Для листов толщиной 10 мм и более проводится испытание на излом надрезанных образцов.

| Толщина проката, мм | Работа удара KV, Дж, не менее, при температуре испытания минус 40°С |
|---------------------|---|
| 10–15 | 29 |
| 16–32 | 29 |
| 33–40 | 29 |

Прокат из стали в зависимости от вида термообработки изготавливается трех категорий:

1 — без термообработки;

2 — в нормализованном состоянии;

3 — в термически улучшенном состоянии после закалки и высокого отпуска.

Категория указывается после наименования марки. Например: 10ХСНД–3.

При отсутствии таких указаний прокат изготавливается категории 1. Категория 1 в обозначении марки не указывается.

| 10ХСНД | | Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--|---|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|-------|------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU ₂ , Дж/см ² | KCV ₂ , Дж/см ² | KCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19281-89 | Толстолистовой и широкополосный универсальный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | До 10 | 20 | 390 | 510 | 19 | — | — | — | — | — | 29 | d=2a | |
| | | | -40 | — | — | — | — | — | 44 | — | — | — | — | |
| | | | -70 | — | — | — | — | — | 34 | — | — | — | — | |
| | | Свыше 10 до 15 | 20 | 390 | 510 | 19 | — | — | — | — | — | — | 29 | d=2a |
| | | | 0 | — | — | — | — | — | — | — | 40 | — | — | — |
| | | | -40 | — | — | — | — | — | — | 39 | — | — | — | — |
| | | От 15 до 40 | -70 | — | — | — | — | — | — | 29 | — | — | — | — |
| | | | 20 | 390 | 510 | 19 | — | — | — | — | — | — | 29 | d=2a |
| | | | 0 | — | — | — | — | — | — | — | 40 | — | — | — |
| | | | -20 | — | — | — | — | — | — | — | 40 | — | — | — |
| | | Гнутые профили в горячекатаном или термически обработанном состоянии | До 40 | 20 | 390 | 510 | 19 | — | — | — | — | — | — | d=2a |
| | | Сортовой, фасонный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | До 10 | 20 | 390 | 530 | 18 | — | — | — | — | — | 29 | d=2a |
| | -40 | | | — | — | — | — | — | — | 49 | — | — | — | |
| | -70 | | | — | — | — | — | — | — | 34 | — | — | — | |
| | Свыше 10 до 15 | | 20 | 390 | 530 | 18 | — | — | — | — | — | — | 29 | d=2a |
| | | | -40 | — | — | — | — | — | — | — | 39 | — | — | — |
| | | | -70 | — | — | — | — | — | — | — | 29 | — | — | — |
| | Полосовой прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | До 10 | 20 | 390 | 510 | 19 | — | — | — | — | — | — | 29 | d=2a |
| | | | -40 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | -70 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | Свыше 10 до 15 | 20 | 390 | 510 | 19 | — | — | — | — | — | — | 29 | d=2a |
| -40 | | | — | — | — | — | — | — | — | 39 | — | — | — | |
| -70 | | | — | — | — | — | — | — | — | 29 | — | — | — | |

Прокат изготавливают в горячекатаном, термообработанном состоянии или после контролируемой прокатки в соответствии с заказом.

a — толщина образца, d — диаметр оправки.

| 10ХСНД | | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|-------|-----------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 302.02.130-91 | В состоянии поставки | | | 20-32 | 20 | 345 | 490 | 21 | — | 59 | 29 | — |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — |
| | | | | | -70 | — | — | — | — | 29 | — | — |
| | | | | 33-40 | 20 | 315 | 450 | 21 | — | 59 | 24 | — |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — |
| | | | | | -70 | — | — | — | — | 24 | — | — |
| | | | | 41-60 | 20 | 295 | 430 | 21 | — | 59 | 24 | — |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — |
| | | | | | -70 | — | — | — | — | 24 | — | — |
| | | | | 61-160 | 20 | 265 | 430 | 21 | — | 59 | 24 | — |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — |
| | | | | | -70 | — | — | — | — | 24 | — | — |

Назначение. Элементы сварных металлоконструкций, сварные спиральные камеры гидротурбин и различные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы, работающие при температуре от минус 70°C до плюс 450°C; детали, работающие под давлением в сосудах при температуре от минус 40°C до плюс 400°C.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 400°C (ПНАЭГ-7-008-89).

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | НД | Тип образца | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|-------------------|---------------------------|------|-------------|---|---------|---------|---------|--------|-------------|-------------------------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | Толщина листа, мм | | | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -70 | |
| 285 | 165 | 4-32 | В горячекатаном состоянии | [1] | КСУ | 139-280 | 136-280 | 107-180 | 87-130 | 70-99 | — | Горячекатаное состояние, лист |
| 275 | 165 | 33-40 | | [20] | КСУ | 161-162 | 122-176 | 111-129 | 120-140 | 81-127 | 66-105 | Прокат |
| | | | КСУ | | 114-115 | 87-89 | 47-49 | 37-45 | 9-16 | 5-10 | $\delta=40$ | |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-------|-------------------|---------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Нормализация | | | Лист $\delta=20$ | 20 | 410 | 540 | 36 | 71 | — | — |
| | | | | | 100 | 360 | 500 | 33 | 71 | — | — |
| | | | | | 200 | 330 | 470 | 28 | 70 | — | — |
| | | | | | 300 | 305 | 480 | 28 | — | — | — |
| | | | | | 400 | 295 | 490 | — | — | — | — |
| | | | | | 500 | 265 | 370 | 30 | 77 | — | — |
| | | | | | 600 | 195 | 215 | 35 | 87 | — | — |
| | | | | | 700 | 140 | 160 | 47 | 94 | — | — |
| | | | | | 800 | 59 | 78 | 71 | 87 | — | — |
| | | | | | 900 | 59 | 78 | 70 | 95 | — | — |

| 10ХСНД | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|-------------------|--|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------|--------------------|------------|-------------------------|----|
| Механические свойства проката | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | δ_p , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [20] | ПС | | | $\delta=40$ | 432 | 556 | 26 | 11 | 60 | — | — |
| | | | | | 449 | 571 | 25 | 10 | 52 | — | — |
| | | | | | 437 | 563 | 26 | 12 | 57 | — | — |
| Испытания на растяжение проводили на плоских, «длинных» образцах размером 40×12×400 мм, причем ширина образца соответствовала толщине проката. | | | | | | | | | | | |
| Нормативное значение K_{IC} при минус 70°C | Критический коэффициент интенсивности напряжений, K_{IC} , Н/мм ^{3/2} , при t, °C [20] | | | Жаростойкость [20] | | | | | | | |
| | – 20 | – 40 | – 70 | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | | |
| 2210 | 5060 | 4965 | 3800 | Окалинистость при высоких температурах лучше, чем у обычных конструкционных сталей | | | | | | | |
| Характеристики определяли на плоских прямоугольных образцах толщиной 40 мм с краевой трещиной при испытаниях на статическое внецентренное растяжение по ГОСТ 25.506–85. Образцы испытывали с предварительно нанесенной усталостной трещиной с записью диаграммы «нагрузка – смещение» | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [18] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Скорость коррозии, мм/год | Потеря массы, г/(м ³ ·ч) | | | | | | |
| Общая | Морская вода (Черное море) | — | — | 0,0435–0,0573 | 0,0396–0,0511 | | | | | | |
| | | | | (полное погружение) | (полное погружение) | | | | | | |
| | Грунт | — | — | 0,1314–0,1405 | 0,0117–0,1250 | | | | | | |
| | | | | (переменное погружение) | (переменное погружение) | | | | | | |
| Воздух | — | — | — | до 0,0179 | — | | | | | | |
| | | | | до 0,0608 | — | | | | | | |
| Приведены данные по стали марки 15ХСНД, близкой к стали марки 10ХСНД. По оценке специалистов коррозионная стойкость данной стали примерно такая же или будет превышать ее на 10–15%. | | | | | | | | | | | |
| Коррозионную стойкость стали изучали методом ускоренных испытаний, позволяющим в первом приближении дать сравнительную качественную оценку сопротивлению естественным коррозионным средам, в частности, воздействию на стойкость морской воды. Оказалось, что добавки хрома и меди повышают коррозионную стойкость в морской воде на 10–15%. [20] | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1200–850 | ПС | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1200–850 | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | В нормализованном и отпущенном состоянии при $\sigma_b = 560$ Н/мм ² $K_v = 1,4$ (твердый сплав), $K_v = 1,12$ (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | Мало склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|----------------|-----------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|---------|-----------------------------------|-------------------------|---|-----------------|
| 15XCHD | | Сортовой и фасонный прокат, полоса — ГОСТ 19281–89, ГОСТ 6713–91. Гнутые профили — ГОСТ 19281–89. Лист — ГОСТ 19281–89, ГОСТ 6713–91, ТУ 302.02.130–91, ТУ 14–1–5241–93. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19281–89 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | Cu | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,12–0,18 | 0,40–0,70 | 0,40–0,70 | ≤ 0,040 | ≤ 0,035 | 0,60–0,90 | 0,30–0,60 | ≤ 0,08 | 0,20–0,40 | ≤ 0,012 | 710–750 | 870–900 | 620–680 | 780–825 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | КCV, Дж/см ² | КCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 6713–91 | В горячекатаном или нормализованном состоянии | | | 8–32 | 20 | 345 | 490–685 | 21 | — | — | — | 29 | d=2a |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | |
| | | | | 33–50 | 20 | 335 | 470–670 | 19 | — | — | 29 | d=2a | |
| | | | | | –60 | — | — | — | — | 29 | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | КCV, Дж/см ² | КCU, после механического старения, Дж/см ² | Изгиб |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| не менее | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19281–89 | Листовой и широкополосный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | | | До 10 | 20 | 345 | 490 | 21 | — | 64 | — | 29 | d=2a |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | |
| | | | | | –70 | — | — | — | — | 29 | — | — | |
| | | | | Свыше 10 до 32 | 20 | 345 | 490 | 21 | — | — | 29 | d=2a | |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | 40 | — | — |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | — | 40 | — | — |
| | Гнутые профили в горячекатаном или термически обработанном состоянии | До 32 | 20 | 345 | 490 | 21 | — | — | — | — | 29 | d=2a | |
| | | | Сортовой и фасонный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | До 10 | 20 | 345 | 480 | 21 | — | 64 | — | 29 | d=2a |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | — | 40 | — | — |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | — | 40 | — | — |
| –40 | — | — | — | | — | 39 | — | — | — | | | | |
| Полосовой прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | До 10 | –70 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | |
| | | Свыше 10 до 32 | 20 | 325 | 450 | 21 | — | 59 | — | 29 | d=2a | | |
| | | | –40 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | |
| | | Полосовой прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии | До 10 | 20 | 345 | 490 | 21 | — | 64 | — | 29 | d=2a | |
| 0 | — | | | — | — | — | — | 40 | — | — | | | |
| –20 | — | | | — | — | — | — | 40 | — | — | | | |
| –40 | — | | | — | — | — | 39 | — | — | — | | | |
| Свыше 10 до 32 | –70 | — | — | — | — | 29 | — | — | — | | | | |
| | 20 | 325 | 450 | 21 | — | — | — | 29 | d=2a | | | | |
| –40 | — | — | — | — | 39 | — | — | — | | | | | |

| 15XCHD | | | | Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|-------|-------------------|-----------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|----|----------|--|--|--|--|--|--|--|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, после механического старения, Дж/см ² | НВ | | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 302.02.130-91 | В состоянии поставки | | | 20-32 | 20 | 345 | 490 | 21 | — | 59 | 29 | — | | | | | | | | |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | | -70 | — | — | — | — | 29 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | 33-40 | 20 | 315 | 450 | 21 | — | 59 | 24 | — | | | | | | | | |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | | -70 | — | — | — | — | 24 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | 41-60 | 20 | 295 | 430 | 21 | — | 59 | 24 | — | | | | | | | | |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | | -70 | — | — | — | — | 24 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | 61-160 | 20 | 265 | 430 | 21 | — | 59 | 24 | — | | | | | | | | |
| | | | | | -40 | — | — | — | — | 29 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | | -70 | — | — | — | — | 24 | — | — | | | | | | | | |

Требования к механическим свойствам и ударной вязкости (за исключением КСВ) листового проката установлены для поперечных образцов.

Назначение. Элементы сварных металлоконструкций и различные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы, работающие при температуре от -70°C до +450°C. Штампованные детали сосудов, работающие при температуре от минус 40°C до 400°C.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Примечание |
|--|-----------------|--|---|-----|------|------|------|------|---------------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 50 | - 60 | |
| 274-299 | — | При $\sigma_b = 490-560$ Н/мм ² . | 153 | 136 | 114 | 93 | 88 | 68 | Образцы продольные. |
| $\frac{310}{90}$ | $\frac{160}{—}$ | В состоянии поставки. | 81 | 74 | 45 | 41 | 47 | 31 | Образцы поперечные. |
| Числитель – образцы без надреза; знаменатель – образцы с надрезом. | | | | | | | | | |

Коррозионная стойкость

| Среда | Морская вода | Грунт | Воздух |
|---------------------------|---------------|-----------|-----------|
| Скорость коррозии, мм/год | 0,0435-0,0573 | До 0,0179 | До 0,0608 |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200-850 | — | — | — | — |
| Заготовка | | — | — | — | — |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|----------------------------------|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. | В горячекатаном состоянии при $\sigma_b = 500$ Н/мм ² $K_v = 1,48$ (твердый сплав), $K_v = 1,3$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Мало склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------------------------------|------------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 20ХН | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,17–0,23 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,45–0,75 | 1,00–1,40 | — | — | — | — | ≤ 0,30 | 735 | 805 | 660 | 790 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг или отпуск | — | — | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 197 | | | | |
| | Закалка I | 825–895 | Вода или масло | До 80 | 590 | 780 | 14 | 50 | 78 | — | — | | | | |
| | Закалка II | 760–810 | Вода или масло | Свыше 80 до 150 | 590 | 780 | 12 | 45 | 70 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 150–210 | Вода, масло или воздух | Свыше 150 | 590 | 780 | 11 | 40 | 66 | — | — | | | | |
| ДЦ | Закалка | 850 | Масло | Образцы | 10 | 1050 | 1290 | 11 | 48 | 90 | 61 | — | | | |
| | Отпуск | 200 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 300 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 400 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 500 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 600 | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 860 | Масло | Пруток | 20 | 750 | 1130 | 10 | — | 85 | — | — | | | |
| | Отпуск | 180 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 40 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 80 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 80 | 520 | 870 | 10 | — | 90 | — | — | | | | |
| | | | | 100 | 510 | 860 | 10 | — | 90 | — | — | | | | |

Назначение. Шестерни, втулки, пальцы и другие детали, от которых требуется повышенная вязкость и умеренная прокаливаемость.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------------|--|---|------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | – 50 | – 20 | 20 | 200 | 300 | 400 | |
| 320 ¹ | — | 20 × 10 ⁶ | Нормализация 830°С. Отпуск 650–670°С. σ _{0,2} = 340 Н/мм ² ; σ _B = 550 Н/мм ² ; 170 НВ. | 43 | 62 | 81–89 | 44–46 | 91–94 | 68–72 | Закалка, высокий отпуск. |
| 210 ² | — | 20 × 10 ⁶ | | | | | | | | |

Образцы диаметром 6 мм:
¹ гладкий;
² с надрезом, R_n = 1 мм.

| Технологические характеристики | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–850 | До 300 | В зольной яме | До 50 | На воздухе |
| Заготовка | 1250–830 | | | 51–100 | В мульде |
| | | | | 101–200 | В закрытой мульде |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|----------------------------------|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | В нормализованном состоянии при ≤ 207 НВ K _v = 0,95 (твердый сплав), K _v = 0,9 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|--|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 36НХ | | Заготовка трубная, труба холоднокатаная — ТУ 14–1–3438–73, ТУ 14–1–2543–78, ТУ 14–1–2526–78, ТУ 14–3–374–75, ТУ 14–3–81–79. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 10994–74 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Ti | Al | Cu | Fe | Ac ₁ | Ac ₃ | Ag ₁ | Ag ₃ |
| ≤ 0,05 | ≤ 0,30 | 0,30–0,60 | ≤ 0,015 | ≤ 0,015 | 0,40–0,60 | 35,0–37,0 | — | — | — | — | ≤ 0,25 | остальное | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | t испытания, °С | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 840 | Вода | Образцы | не менее | | | | | | 30 | — | | | | |
| | | | | | 260 | 430 | 50 | 83 | 280 | — | | | | | | |
| | | | | | 570 | 850 | 43 | 72 | 260 | – 196 | | | | | | |
| | | | | | 690 | 970 | 50 | 68 | 230 | – 253 | — | | | | | |
| Назначение. Сварные конструкции, работающие в условиях циклической смены температур от 20°С до минус 253°С, для изготовления бескомпенсационных криогенных трубопроводов. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь относится к типу инварных, т.е. практически не расширяется. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь имеет минимальный коэффициент линейного расширения в интервале температур от 20°С до минус 253°С. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | | База испытаний, ч | | | | | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Время, ч | | t, °С | | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | | | — | | | | | | | | | | | | |
| — | | | | — | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °С | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | | | | |
| Общая | | — | | | — | — | | — | | | | | | | | |
| Точечная | | — | | | — | — | | — | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | — | | | — | — | | — | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | — | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | | | Сталь можно подвергать горячей и холодной обработке давлением и резке. | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокочувствительность | | | | | | |
| Сварка в аргоне. Возможна пайка. | | | | — | | | | | | — | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | | — | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------|----------|
| 40XH | | Поковки — ГОСТ 8479–70, ОСТ 108.958.04–85. Валки — ОСТ 24.013.21–85. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | Температура критических точек, °С [1] | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn [4] |
| 0,36–0,44 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,45–0,75 | 1,00–1,40 | ≤ 0,30 | 735 | 768 | 660 | 700 | 305 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 840–860 | С печью | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 207 | |
| | Закалка | 820 | Вода или масло | До 80 | 785 | 980 | 11 | 45 | 69 | — | — | |
| | Отпуск | 500 | Вода или масло | Свыше 80 до 150 | 785 | 980 | 9 | 40 | 62 | — | — | |
| | | | | Свыше 150 | 785 | 980 | 8 | 35 | 59 | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | КП | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 8479–70 ОСТ 108.958.04–85 | Закалка | 840–860 | Масло или вода | До 100 | 590 | 735 | 14 | 45 | 59 | 590 | 235–277 | |
| | Отпуск | 550–600 | Воздух или масло | 100–300 | 590 | 735 | 13 | 40 | 49 | 590 | 235–277 | |
| | | | | До 100 | 540 | 685 | 15 | 45 | 59 | 540 | 223–262 | |
| | | | | | 100–300 | 540 | 685 | 13 | 40 | 49 | 540 | 223–262 |
| | | | | | До 100 | 490 | 655 | 16 | 45 | 59 | 490 | 212–248 |
| | | | | | 100–300 | 490 | 655 | 13 | 40 | 54 | 490 | 212–248 |
| | | | | | До 100 | 440 | 635 | 16 | 45 | 59 | 440 | 197–235 |
| | | | | | 100–300 | 440 | 635 | 14 | 40 | 54 | 440 | 197–235 |
| | | | | | 300–500 | 440 | 635 | 13 | 35 | 49 | 440 | 197–235 |
| | | | | | 500–800 | 440 | 635 | 11 | 30 | 39 | 440 | 197–235 |
| | | | | | До 100 | 395 | 615 | 17 | 45 | 59 | 395 | 187–229 |
| | | | | | 100–300 | 395 | 615 | 15 | 40 | 54 | 395 | 187–229 |
| | | | | | 300–500 | 395 | 615 | 13 | 35 | 49 | 395 | 187–229 |
| | | | | | 500–800 | 395 | 615 | 11 | 30 | 39 | 395 | 187–229 |
| | Нормализация | | | 300–500 | 345 | 590 | 14 | 38 | 49 | 345 | 174–217 | |
| | | | | 100–300 | 315 | 570 | 14 | 35 | 34 | 315 | 167–207 | |
| | | | | 300–500 | 315 | 570 | 12 | 30 | 29 | 315 | 167–207 | |
| | | | | 500–800 | 315 | 570 | 11 | 30 | 29 | 315 | 167–207 | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ОСТ 24.013.21–85 | Закалка | 840–860 | Масло | До 1000 | — | 710 | 10 | — | 39 | — | 255–285 | |
| | Отпуск | 580–620 | Печь или воздух | | | | | | | | | |
| [1] | Закалка | 820–840 | Масло | Пруток До 60 | 980 | 1180 | 10 | 40 | 59 | 40–60 | — | |
| | Отпуск | 400–450 | Воздух | | | | | | | | | |
| | | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и отпуск при 180–200°С | | Эмульсия | — | — | — | — | — | — | Поверхности 52–56 | |

| 40ХН | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---------------------------|---|---|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|----------|---|
| Назначение. Оси, валы, шатуны, зубчатые колеса, валы экскаваторов, муфты, валы-шестерни, шпиндели, болты, нажимные винты, рычаги, штоки, борштанги, цилиндры, полукольца и другие ответственные нагруженные детали, подвергающиеся вибрационным и динамическим нагрузкам, к которым предъявляются требования повышенной прочности и вязкости. Валки рельсобалочных и крупносортовых станов для горячей прокатки металла. | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | КСУ, Дж/см ² | НВ | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | Термообработка |
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | | | | + 20 | - 20 | - 40 | - 60 | |
| 490 | 294 | — | 60 | 784 | 980 | 59 | 300–320 | 115 | 116 | 93 | 80 | Закалка и отпуск. Образцы из поковок размером 200×30 мм |
| 441 | 274 | — | 100 | 686 | 882 | 49 | 270–300 | | | | | |
| 392 | 235 | — | 300 | 568 | 784 | 39 | 200–240 | | | | | |
| 314–392 | — | 10 ⁷ | — | — | 790 | — | 197 | | | | | |
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| [4] | Нормализация | 850 | Воздух | — | 20 | — | 790 | 18 | 48 | — | — | |
| | | | | | 200 | — | 750 | — | 50 | — | — | |
| | | | | | 300 | — | 690 | 20 | — | — | — | |
| | | | | | 400 | — | 540 | 25 | 65 | — | — | |
| | | | | | 500 | — | 480 | 25 | 79 | — | — | |
| | | | | | 600 | — | 350 | 27 | 85 | — | — | |
| | Образец кованный и нормализованный Скорость деформирования 50 мм/мин; скорость деформации 0,03 1/с | — | — | — | Ø 6 | 700 | — | 225 | 36 | 92 | — | — |
| | | | | | длина | 800 | — | 130 | 57 | 96 | — | — |
| | | | | | 30 | 900 | — | 91 | 71 | 100 | — | — |
| | | | | | — | 1000 | — | 62 | 75 | 100 | — | — |
| — | — | — | — | 1100 | — | 45 | 76 | 100 | — | — | | |
| — | — | — | — | 1200 | — | 31 | — | 100 | — | — | | |
| Механические свойства в зависимости от сечения | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее | |
| [4] | Нормализация | 870–925 | Масло | 40 | 780 | 960 | 18 | 58 | 325 | — | | |
| | Закалка | 790 | | 80 | 730 | 920 | 20 | 54 | 302 | — | | |
| | Отпуск | 540 | | 120 | 710 | 910 | — | 50 | 300 | — | | |
| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{отп} , °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| [4] | Закалка | 820 | Масло | — | 400 | 1220 | 1370 | 10 | 41 | 32 | 387 | |
| | | | | | 500 | 1080 | 1160 | 14 | 51 | 46 | 302 | |
| | | | | | 600 | 760 | 910 | 20 | 60 | 83 | 241 | |
| Количество мартенсита, % | | Критическая твердость HRC | | Критический диаметр, мм, при закалке [4] | | | | | | | | |
| 50 | | 44–47 | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | |
| 90 | | 50–53 | | 60–112 | | 34–76 | | — | | — | | |
| 90 | | 50–53 | | 40–86 | | 18–56 | | — | | — | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1220–800 | Все размеры | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | | | До 50 | На воздухе | | | | |
| Заготовка | 1250–830 | | | | | | 51–200 | В мульде | | | | |
| | | | | | | 201–300 | С печью | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | | В нормализованном состоянии при ≤ 229 НВ и $\sigma_b = 750$ Н/мм ² $K_v = 0,8$ (твердый сплав), $K_v = 0,6$ (быстрорежущая сталь) | | | | Повышенно чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | Склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|--|-----------------|--|------------------------------------|----------------------------------|------------|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| 45XH | | Поковки — ГОСТ 8479–70, ОСТ 108.958.04–85. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,41–0,49 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,45–0,75 | 1,00–1,40 | — | — | — | — | ≤ 0,30 | 750 | 790 | — | — | 310 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | КП | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | — | — | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 207 | | | | | |
| | Закалка | 820 | Вода или масло | До 80 | 835 | 1030 | 10 | 45 | 69 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 530 | Вода или масло | Свыше 80 до 150 | 835 | 1030 | 8 | 40 | 62 | — | — | | | | | |
| | | | | Свыше 150 | 835 | 1030 | 7 | 35 | 59 | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка | 830–850 | Масло | До 100 | 590 | 735 | 14 | 45 | 59 | 590 | 235–277 | | | | | |
| | Отпуск | 550–600 | Вода или масло | | 640 | 785 | 13 | 42 | 59 | 640 | 248–293 | | | | | |
| Назначение. Коленчатые валы, шатуны, шестерни, шпиндели, муфты, болты и другие ответственные детали. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Твердость после термообработки | | | | | | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | Термообработка | | | | | НВ (HRC) | | | | | | |
| 594 | 892 | Закалка 845°С, вода. Отпуск 480°С, вода. σ _{0,2} = 900 Н/мм ² , σ _в = 1150 Н/мм ² . | | | Цианирование 810–830°С, масло. Отпуск 200°С, воздух. | | | | | Сердцевины 450 Поверхности (58) | | | | | | |
| 506 | 773 | Закалка 845°С, вода. Отпуск 590°С, вода. σ _{0,2} = 810 Н/мм ² , σ _в = 1010 Н/мм ² . | | | Закалка ТВЧ 850–870°С. Отпуск 180–220°С. | | | | | Сердцевины 300 Поверхности (52–56) | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | | |
| Слиток | 1220–800 | Все размеры | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | | До 250 | | На воздухе | | | | | | | | |
| Заготовка | 1220–800 | | | | | 251–350 | | В яме | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | В нормализованном состоянии при ≤ 229 НВ и σ _в = 750 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | Повышенно чувствительна | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонна | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|-------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 20ХНР | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,16–0,23 | 0,17–0,37 | 0,60–0,90 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,70–1,10 | 0,80–1,10 | ≤ 0,06 | 0,001–0,005 | ≤ 0,30 | 740 | 830 | 650 | 725 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 4543–71 | Нормализация | 930–950 | Воздух | До 80 | 980 | 1180 | 10 | 50 | 88 | | | | | |
| | Закалка | 780–830 | Масло | Свыше 80 до 150 | 980 | 1180 | 8 | 45 | 79 | — | — | | | |
| | Отпуск | 200 | Воздух или масло | Свыше 150 | 980 | 1180 | 7 | 40 | 75 | | | | | |
| ДЦ | Нормализация | 930 | Воздух | Пруток | | | | | | | | | | |
| | | | | 25 | 1370 | 1420 | 14 | 60 | 108 | | 418 | | | |
| | | | | 50 | 1110 | 1200 | — | 62 | 147 | | 340 | | | |
| | | | | 75 | 970 | 1060 | 15 | 60 | 108 | — | 302 | | | |
| | | | | 100 | 920 | 1000 | 15 | 60 | 127 | | 302 | | | |
| | Закалка | 860 | Масло | — | 150 | 830 | 1000 | 16 | — | 98 | | | | |
| | | | | | 25 | 1220 | 1520 | 10 | 54 | 49 | 46 | | | |
| | | | | | 50 | 1200 | 1400 | — | — | 49 | 45 | | | |
| | | | | | 75 | 1180 | 1250 | 11 | 57 | 69 | 42 | — | | |
| | | | | | 100 | 880 | 980 | 14 | 64 | 127 | 33 | | | |
| | Отпуск | 200 | Масло | — | 150 | 740 | 780 | 16 | 65 | 172 | 27 | | | |
| | | | | | 300 | 1200 | 1400 | — | — | 49 | 45 | | | |
| Отпуск | 400 | Масло | — | 150 | 1180 | 1250 | 11 | 57 | 69 | 42 | — | | | |
| | | | | 500 | 880 | 980 | 14 | 64 | 127 | 33 | | | | |
| Отпуск | 600 | Масло | — | 150 | 740 | 780 | 16 | 65 | 172 | 27 | | | | |
| | | | | 600 | 740 | 780 | 16 | 65 | 172 | 27 | | | | |
| Цементация | 930 | Охлаждение замедленное в колодцах или ящиках | — | — | Не определяются | | | | | Сердцевины 36–46 | — | | | |
| | | | | | Закалка | 820–840 | Масло | — | — | — | | — | — | Поверхности 56–62 |
| Отпуск | 180–200 | Воздух | — | — | | | | | | | — | | | |

Назначение. Зубчатые колеса, валы-шестерни, червяки, кулачковые муфты, валики, пальцы, втулки и другие нагруженные крупные детали, работающие в условиях ударных нагрузок.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|-----------------|---|---|---|-----|-----|-----|-----|--|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | |
| 578 | — | 10 ⁶ | Нормализация 930°С. Закалка 840°С, масло. Отпуск 200°С. σ _b = 1450 Н/мм ² . | 61 | — | 61 | 62 | 60 | — | Закалка 860°С, масло. Отпуск 200°С, масло, 46 HRC. Закалка 860°С, масло. Отпуск 500°С, масло, 32 HRC. |
| | | | | 125 | — | 110 | 120 | 117 | — | |

| Технологические характеристики | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1150–800 | — | — | — | — |
| Заготовка | — | — | — | — | — |

| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокеночувствительность | |
|---|--|--|--|----------------------------------|--|
| Способ сварки: РД. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | В нормализованном состоянии при ≤ 207 НВ K _v = 0,95 (твердый сплав), K _v = 0,9 (быстрорежущая сталь) | | Чувствительна | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| | | | | Склонна | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---------------------------------|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------|----------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 20ХГНР | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | B | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,16–0,23 | 0,17–0,37 | 0,70–1,00 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,70–1,10 | 0,80–1,10 | — | ≤ 0,06 | 0,001–0,005 | ≤ 0,30 | 740 | 830 | 650 | 725 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543-71 | Отжиг или отпуск | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 197 | | | | |
| | Нормализация | 930–950 | Воздух | До 80 | 1080 | 1270 | 10 | 50 | 88 | | | | | | |
| | Закалка | 780–830 | Масло | Свыше 80 до 150 | 1080 | 1270 | 8 | 45 | 79 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 170–230 | Воздух или масло | Свыше 150 | 1080 | 1270 | 7 | 40 | 75 | | | | | | |
| ДЦ | Цементация | 930–950 | | 15 | 1360 | 1460 | 13 | 60 | 118 | Поверхности 56–62 | Сердцевины 340 | | | | |
| | | | | 25 | 1310 | 1410 | 14 | 64 | 127 | | | | | | |
| | Закалка | 830–850 | Масло | 50 | 1160 | 1260 | 13 | 64 | 127 | | | | | | |
| | | | | 75 | 1080 | 1140 | 12 | 60 | 127 | | | | | | |
| | Отпуск ¹ | 170–230 | Воздух | 100 | 930 | 1040 | 17 | 66 | 127 | | | | | | |
| 150 | | | | 880 | 1040 | 17 | 50 | 108 | | | | | | | |
| ¹ Механические свойства ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Шестерни, червяки, кулачковые муфты, валики, пальцы, втулки и другие нагруженные детали, работающие в условиях ударных нагрузок. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | | | | | | |
| 578 | — | 10 ⁷ | Нормализация с 930°С, закалка с 840°С, отпуск при 200°С; σ _в = 1450 Н/мм ² | 61 | 60 | 61 | 62 | 60 | 61 | Закалка с 860°С в масле, отпуск при 200°С, масло, 45 HRC Закалка с 860°С в масле, отпуск при 500°С, масло, 31 HRC | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток | 1220–850 | До 50 | В штабелях на воздухе | | | До 50 | В штабелях на воздухе | | | | | | | | |
| Заготовка | 1180–850 | 51–200 | Отжиг низкотемпературный | | | 51–200 | Отжиг низкотемпературный | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | | После нормализации при 156–207 НВ K _v = 0,85 (твердый сплав), K _v = 0,75 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------|---|----------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 38ХГН | | Поковки — ГОСТ 8479–70. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,35–0,43 | 0,17–0,37 | 0,80–1,10 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,50–0,80 | 0,70–1,00 | — | — | — | — | ≤ 0,30 | 725 | 830 | 600 | 690 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | КП | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 830–850 | С печью | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 229 | | | | |
| | Закалка Отпуск | 835–865 520–620 | Масло Вода или масло | До 80 | 685 | 780 | 12 | 45 | 98 | — | — | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 685 | 780 | 10 | 40 | 88 | | | | | | |
| Свыше 150 | 685 | 780 | 9 | 35 | 83 | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка Отпуск | 840–870 550–630 | Вода или масло Воздух | До 100 | 590 | 735 | 14 | 45 | 59 | 590 | 235–277 | | | | |
| | | | | До 100 | 540 | 685 | 15 | 45 | 59 | 540 | 223– | | | | |
| | | | | 100–300 | 540 | 685 | 13 | 40 | 49 | 540 | 262 | | | | |
| | | | | До 100 | 490 | 655 | 16 | 45 | 59 | 490 | 212– | | | | |
| | | | | 100–300 | 490 | 655 | 13 | 40 | 54 | 490 | 248 | | | | |
| | | | | До 100 | 440 | 635 | 16 | 45 | 59 | 440 | 197– | | | | |
| | 300–500 | 440 | 635 | 13 | 35 | 49 | 440 | 235 | | | | | | | |
| | 100–300 | 395 | 615 | 15 | 40 | 54 | 395 | 187– | | | | | | | |
| | 300–500 | 395 | 615 | 13 | 35 | 49 | 395 | 229 | | | | | | | |
| | 500–800 | 395 | 615 | 11 | 30 | 39 | 395 | — | | | | | | | |
| | 300–500 | 345 | 590 | 14 | 38 | 49 | 345 | 174– | | | | | | | |
| | 500–800 | 345 | 590 | 12 | 33 | 39 | 345 | 217 | | | | | | | |
| Нормализация | | | | До 100 | 345 | 590 | 18 | 45 | 59 | 345 | 174–217 | | | | |
| | | | | 500–800 | 315 | 570 | 11 | 30 | 29 | 315 | 167–207 | | | | |
| ДЦ | Закалка Отпуск | 850–870 | Масло Воздух | До 40 | 1330 | 1470 | 7 | 30 | — | HRC 48–52 | — | | | | |
| | | 180–200 | | | | | | | | | | | | | |
| | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ, отпуск при 180–200°С | | Вода или эмульсия | — | — | — | — | — | — | HRC Поверхности ≥ 40 | — | | | | |
| Назначение. Валы, оси, зубчатые колеса, серьги, крепежные детали, различные детали экскаваторов и буровых машин и другие ответственные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | Сечение 200 мм. | | | | | | |
| 440 | — | Закалка 840°С, масло. Отпуск 580°С. σ _в = 840 Н/мм ² | 98 | — | 70 | 63 | 46 | — | Закалка через воду на воздухе и опять в воде (вода 2–4 мин, воздух 1–2 мин, вода 2–4 мин). Отпуск 620–640°С | | | | | | |
| | | | 178 | — | 169 | 127 | 92 | — | Закалка 850°С. Отпуск 650°С | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1200–800 | Поковки общего машиностроения до 1000 | | | Отжиг низкотемпературный | | | До 250 251–350 | | | На воздухе В яме | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | После закалки и отпуска при 187–236 НВ и σ _в = 640 Н/мм ² К _r = 1,0 (твердый сплав), К _r = 0,9 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|------------------------|--|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|---|
| 10ХН1М, 10ХН1М-Ш | | Лист — ТУ 14-1-2587-78. Трубы — ТУ 14-3-794-79, ТУ 14-3-799-79. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-2587-78 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С [11] | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Mo | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | |
| 0,08–0,12 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 0,70–1,00 | 1,10–1,40 | ≤ 0,30 | 0,40–0,60 | 710 | — | — | — | 275 | |
| Температура нагрева 850°С | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при температуре испытания | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | НВ | не менее или в пределах | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | — | — | |
| [25] | Закалка Отпуск | 920 | В пресс-душе Воздух | Лист δ=6÷40 Трубы широкого сортамента | 20 | 450 | 550 | 16 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | —40 | — | — | — | — | — | ≥ 50 | — | | |
| | | | | | 350 | 360 | 450 | 15 | — | — | — | — | | |
| | Нормализация Отпуск | 900–920 0,3 ч 680–700 1 ч | Воздух Воздух | Трубы 83×11,0 | 20 | 315–380 | 490–505 | 30,0–37,0 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | 400 | 260–340 | 425–475 | — | — | — | — | — | | |
| | Нормализация | 900–920 0,5 ч | Воздух | Трубы 83×5,5 | 20 | 440–520 | 670–770 | 22,5–27,0 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | 400 | 360–475 | 605–660 | — | — | — | — | — | | |
| | Нормализация | 900–920 0,5 ч | Воздух | Трубы 70×6,0 | 20 | 465–520 | 665–710 | 21,0–24,5 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | 400 | 350–505 | 380–675 | — | — | — | — | — | | |
| | Нормализация | 900–920 0,5 ч | Воздух | Трубы 30×6,0 | 20 | 355–480 | 530–600 | 25,0–35,5 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | 400 | 310–435 | 380–620 | — | — | — | — | — | | |
| | Влияние режима термообработки на механические свойства прессованных биметаллических труб сочетания сталь 10ХН1М – сталь 08Х18Н10Т | | | | | | | | | | | | | |
| | НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | НВ | в пределах | |
| | | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | — | — |
| [25] | Без термообработки | | | Труба 89×6,0 | 20 | 485–495 | 630–650 | 20,0–25,0 | — | — | — | — | — | |
| | Нормализация | 960 0,3 ч | Воздух | Труба 89×6,0 | 20 | 420–445 | 650–670 | 26,0–32,0 | — | — | — | — | — | |
| | Нормализация | 1000 0,3 ч | Воздух | Труба 89×6,0 | 20 | 425–460 | 640–650 | 28,0–31,0 | — | — | — | — | — | |
| | Отпуск | 900 0,3 ч 700 1 ч | Воздух Воздух | Труба 89×6,0 | 20 | 410–420 | 550–560 | 32,0–33,0 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | 20 | 400–500 | 620–680 | 20,0–26,0 | — | — | — | — | | |
| | Нормализация | 950 0,5 ч | Воздух | Труба 114×6,0 | 20 | 395–490 | 640–680 | 27,0–33,0 | — | — | — | — | — | |
| | Нормализация | 1100 0,03 ч | Воздух | Труба 114×6,0 | 20 | 435–445 | 650–690 | 24,0–28,0 | — | — | — | — | — | |
| | Механические свойства готовых прессованных биметаллических труб сочетания сталь 10ХН1М – сталь 08Х18Н10Т | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | НВ | в пределах | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | — | — | |
| [25] | Нормализация | 940 0,25 ч | Воздух | Труба 121×22,0 | 20 | 330–380 | 540–550 | 27,0–30,0 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | 400 | 220–370 | — | — | — | — | — | — | | |
| | | | | Труба 102×18,0 | 20 | 340–410 | 515–555 | 26,0–30,5 | — | — | — | — | | |
| | | | | | 400 | 280–370 | — | — | — | — | — | — | | |
| | Нормализация | 930 0,3 ч | Воздух | Труба 89×6,0 | 20 | 350–355 | 560–575 | 31,5–35,5 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | 400 | 280–350 | — | — | — | — | — | — | | |

10ХН1М, 10ХН1М–Ш**Механические свойства готовых холоднокатаных биметаллических труб сочетания сталь 10ХН1М – сталь 08Х18Н10Т**

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|------|----------------------|----------------|-------------------|-----------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|---------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [25] | Нормализация | 1030 0,03 ч | Воздух | Труба 95×3,0 | 20 | 430–450 | 570–600 | 33,0– 35,0 | — | — | — |
| | | | | | 400 | 320–425 | — | — | — | — | — |
| | Нормализация | 980 0,03 ч | Воздух | Труба 76×4,0 | 20 | 450–480 | 620–630 | 33,0– 35,0 | — | — | — |
| | | | | | 400 | 320–450 | — | — | — | — | — |
| | Нормализация | 1030 0,03 ч | Воздух | Труба 57×3,5 | 20 | 450–550 | 600–685 | 26,5– 35,0 | — | — | — |
| | | | | | 400 | 330–495 | — | — | — | — | — |
| | Нормализация | 1030 0,03 ч | Защитная среда | Труба 16×3,0 | 20 | 390–445 | 560–630 | 28,0– 38,0 | — | — | — |
| | | | | | 400 | 290–420 | — | — | — | — | — |
| | Нормализация | 1020 0,03 ч | Защитная среда | Труба 8×1,5 | 20 | 460–500 | 640–670 | 36,0 | — | — | — |
| | | | | | 400 | 400–525 | — | — | — | — | — |

Назначение. Корпус реактора, днища корпуса реактора, свариваемые детали с использованием специальных технологических приемов и другие детали, работающие при температуре до 350°C.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 400°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

| Сопротивление ползучести [16] | | | | Влияние нагрева на сопротивление хрупкому разрушению стали 10ХН1М [16] | | |
|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--|-------------------------|-------------------------------|
| t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | Предел ползучести, Н/мм ² | Скорость ползучести, %/ч | t _{выдержки} , °C | Длительность нагрева, ч | Сдвиг критической температуры |
| 350 | 430 | 250 | 1/10 ⁴ | 340 | 1,5·10 ⁴ | 0 |
| 400 | 415 | 210 | 1/10 ⁴ | 450 | 1,5·10 ⁴ | 0 |
| Толщина листа 40 мм | | | | Сталь практически не склонна к тепловой хрупкости | | |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1220–800 | ПС | | | |
| Заготовка | 1220–800 | | | | |

Свариваемость

Способы сварки: РД, РАД и комбинированный

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|-------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|---------|-----|--|--|--|
| 34ХН1М, 34ХН1МА | | Поковки — ГОСТ 8479–70, ОСТ 108.958.04–85, ОСТ 108.961.05–80, ТУ 24.11.004–89, ТУ 108.11.917–87, ТУ 108.13.32–88, ТУ 108.17.1050–78, ТУ 108.1028–81, ТУ 108.1029–81. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.958.04–85 | | | | | | | | | Марка стали | Температура критических точек, °С | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | | | | | |
| 0,30–0,40 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 1,30–1,70 | 1,30–1,70 | 0,20–0,30 | ≤ 0,30 | 34ХН1М | 730 | 780 | — | — | 320 | | | | | |
| 0,30–0,40 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,30–1,70 | 1,30–1,70 | 0,20–0,30 | ≤ 0,30 | | | | | | | 34ХН1МА | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.1028–81 | | | | | | | | | Марка стали | | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | | | | | | | | | | | |
| 0,30–0,40 | ≤ 0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,022 | ≤ 0,025 | 1,30–1,70 | 1,30–1,70 | 0,20–0,30 | ≤ 0,25 | 34ХН1МА | | | | | | | | | | |
| Примечания. В заготовках из всех марок стали допускаются следующие отклонения: 1. С ± 0,02%; Si $\begin{matrix} +0,05\% \\ -0,02\% \end{matrix}$; Mn ± 0,05%; Cr ± 0,10%; Ni ± 0,15%; Mo ± 0,03%; Cu ± 0,10%. При выплавке стали методом ВДП допускается предельное отклонение по массовой доле Mn $\begin{matrix} +0,05\% \\ -0,10\% \end{matrix}$. 2. С ± 0,01%; Si + 0,03%. При изготовлении заготовок дисков с высотой ступицы от 450 до 650 мм содержание S и P в стали должно быть не более 0,018% каждого; для металла ВДП и ЭЛП допускается отклонение Mn $\begin{matrix} +0,10\% \\ -0,15\% \end{matrix}$. В стали ЭШП содержание S должно быть не более 0,015%. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | | | | | | НВ | КП | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка Отпуск | ПС | | 100–300 ¹ | 785 | 930 | 11 | 35 | 49 | | | | | | 293–331 | 785 | | | |
| | | | | До 100 | 735 | 880 | 13 | 40 | 59 | 277–321 | 735 | | | | | | | | |
| | | | | До 100 | 685 | 835 | 13 | 42 | 59 | 262–311 | 685 | | | | | | | | |
| | | | | 100–300 | 685 | 835 | 12 | 38 | 49 | 262–311 | 685 | | | | | | | | |
| | | | | До 100 | 640 | 785 | 13 | 42 | 59 | 248–293 | 640 | | | | | | | | |
| | | | | 100–300 | 640 | 785 | 12 | 38 | 49 | 248–293 | 640 | | | | | | | | |
| | | | | 100–300 | 590 | 735 | 13 | 40 | 49 | 235–277 | 590 | | | | | | | | |
| | | | | 300–500 | 590 | 735 | 12 | 35 | 44 | 235–277 | 590 | | | | | | | | |
| | | | | До 100 | 540 | 685 | 15 | 45 | 59 | 223–262 | 540 | | | | | | | | |
| | | | | 100–300 | 540 | 685 | 13 | 40 | 49 | 223–262 | 540 | | | | | | | | |
| | | | | 300–500 | 540 | 685 | 12 | 35 | 44 | 223–262 | 540 | | | | | | | | |
| | | | | 100–300 | 490 | 655 | 13 | 40 | 54 | 212–248 | 490 | | | | | | | | |
| | | | | 300–500 | 490 | 655 | 12 | 35 | 49 | 212–248 | 490 | | | | | | | | |
| | | | | 500–800 | 490 | 655 | 11 | 30 | 39 | 212–248 | 490 | | | | | | | | |
| | | | | До 100 | 440 | 635 | 16 | 45 | 59 | 197–235 | 440 | | | | | | | | |
| | | | | 100–300 | 440 | 635 | 14 | 40 | 54 | 197–235 | 440 | | | | | | | | |
| | | | | 300–500 | 440 | 635 | 13 | 35 | 49 | 197–235 | 440 | | | | | | | | |
| | | | | 500–800 | 440 | 635 | 11 | 39 | 39 | 197–235 | 440 | | | | | | | | |
| Нормализация | ПС | | До 100 | 395 | 615 | 17 | 45 | 59 | 187–229 | 395 | | | | | | | | | |
| | | | 100–300 | 395 | 615 | 15 | 40 | 54 | 187–229 | 395 | | | | | | | | | |
| Закалка Отпуск | ПС | | 300–500 | 315 | 570 | 12 | 30 | 29 | 167–207 | 315 | | | | | | | | | |

¹ Данные стали 34ХН1МА.

| 34ХН1М, 34ХН1МА | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|---|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.958.04-85 | | ПС | | 500 | 490 | 655 | 12 | 35 | 49 | 212-248 | 490 ² |
| | | | | 350 | 590 | 735 | 12 | 35 | 49 | 235-277 | 590 |
| | | | | 100 | 590-785 | 735 | 14 | 45 | 59 | 235-277 | 590С |
| | | | | 100-300 | 590-785 | 735 | 13 | 40 | 49 | 235-277 | 590С |
| | | | | 300-500 | 590-785 | 735 | 12 | 35 | 44 | 235-277 | 590С |
| | | | | 100 | 640-835 | 785 | 13 | 42 | 59 | 248-293 | 640С |
| | | | | 100-300 | 640-835 | 785 | 12 | 38 | 49 | 248-293 | 640С |
| | | | | 300 | 685 | 835 | 12 | 35 | 49 | 262-311 | 685 |
| | | | | 100 | 685-835 | 835 | 13 | 42 | 59 | 262-311 | 685С |
| | | | | 100-300 | 685-835 | 835 | 12 | 38 | 49 | 262-311 | 685С |
| | | | | 150 | 685-835 | 835 | 12 | 35 | 49 | 262-293 | 685С ² |
| | | | | 250 | 735 | 880 | 12 | 35 | 49 | 277-321 | 735 |
| 100 | 735-880 | 880 | 13 | 40 | 59 | 277-321 | 735С | | | | |
| | | | 140 | 785-930 | 930 | 12 | 40 | 59 | 294-331 | 785 | |

² Образцы тангенциальные.

Примечания.

1. Буква "С" в КП указывает на то, что поковки с заданными механическими свойствами поставляются по согласованию изготовителя с потребителем.
2. Для дисков компрессоров устанавливается ограничение верхнего значения предела текучести: для стали 34ХН1МА при КП 685 $\sigma_{0,2} = 685-910$ Н/мм², при КП 735 $\sigma_{0,2} = 735-940$ Н/мм².
3. Изготовление повок из стали категории прочности КП 785 производится по согласованию между изготовителем и потребителем.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ |
|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.05-80 | Закалка Отпуск | 850-870 560-640 | Масло Печь или воздух | Роторы | 490-687 | 638 | 15 | 40 | 59 | 150 | — |
| | | | | | 589-785 | 706 | 15 | 40 | 59 | 150 | — |
| | | | | | 687-883 | 853 | 14 | 40 | 59 | 150 | — |
| | | | | | 462-687 ² | 608 | 11 | 32 | 44 | 120 | — |
| | | | | Диски | 559-785 ² | 667 | 11 | 32 | 44 | 120 | — |
| | | | | | 667-834 ² | 814 | 11 | 32 | 44 | 120 | — |
| | | | | | 490-687 ² | 657 | 15 | 40 | 49 | 150 | — |
| | | | | | 589-785 ² | 765 | 14 | 40 | 49 | 120 | — |
| | | | | 667-834 ² | 814 | 12 | 40 | 49 | 120 | — | |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|------------------|--------------------------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.917-87 | После предварительной термообработки | | | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 255 |
| ТУ 108.13.32-88 | Закалка | ПС | | 801-1100 | 490 | 655 | 11 | 30 | 39 | — | 212-248 |
| | | | | 1101-1500 | 490 | 655 | 10 | 30 | 34 | — | 212-248 |
| | Отпуск | | | 801-1100 | 395 | 615 | 11 | 30 | 39 | — | 187-229 |
| | | | | 1101-1500 | 395 | 615 | 10 | 30 | 34 | — | 187-229 |

34ХН1М, 34ХН1МА

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-------------------|----------------------|-------|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.17.1050-78 | Закалка Отпуск | ПС | | До 100 | 588-784 | 735 | 14 | 45 | 59 | — | 235-277 |
| | | | | 101-300 | 588-784 | 735 | 13 | 40 | 49 | — | 235-277 |
| | | | | 301-500 | 588-784 | 735 | 12 | 35 | 44 | — | 235-277 |
| | До 100 | | | 686-833 | 833 | 13 | 42 | 59 | — | 262-311 | |
| | 101-300 | | | 686-833 | 833 | 12 | 38 | 49 | — | 262-311 | |
| | До 150 | | | 686-833 ² | 833 | 12 | 35 | 49 | — | 262-293 | |
| | До 100 | | | 735-882 | 882 | 13 | 40 | 59 | — | 277-321 | |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ |
|----------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.1028-81 | | ПС | | Диски | 490-687 ² | 657 | 15 | 40 | 49 | 150 | — |
| | | | | | 589-785 ² | 765 | 14 | 40 | 49 | 120 | — |
| | | | | | 664-833 ² | 815 | 12 | 40 | 49 | 120 | — |

Примечания.

1. Сдаточными характеристиками являются: $\sigma_{0,2}$, ψ , КCU при 20°C, проба на изгиб.2. При испытании образцов из заготовок дисков V категории прочности, взятых из средней трети по высоте ступицы, допускается снижение значений ударной вязкости до 39 Дж/см² и сужение площади поперечного сечения до 35%.

3. Разброс значений твердости между ободом и ступицей не должен превышать 35 НВ, а между отдельными точками обода или ступицы — не более 30 НВ. Замеры твердости должны производиться с целью проверки равномерности выполнения термической обработки. Абсолютные величины значений твердости не являются прямо-сдаточными характеристиками, но для заготовок V категории прочности максимальная твердость на ободе не должна превышать 302 НВ.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ |
|----------------|----------------------|---------|-------------------|---------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.1029-81 | Закалка | 850-870 | Масло | Валы и роторы | 638-834 | 804 | 14 | 40 | 59 | 150 | — |
| | Отпуск | 560-640 | Печь или воздух | | 638-834 ² | 765 | 11 | 32 | 44 | 120 | — |

Примечания.

1. Прямо-сдаточными характеристиками являются: $\sigma_{0,2}$, ψ , КCU при 20°C, проба на изгиб.

2. Колебания значений твердости по окружности заготовки бочки ротора или вала не должно превышать 30 НВ, а по образующей — 40 НВ.

3. По согласованию сторон испытания на изгиб могут производиться только на продольных или тангенциальных образцах.

Назначение. Диски, валы, роторы турбин и компрессорных машин, валы экскаваторов, оси, муфты, шестерни, полумуфты, вал-шестерни, болты, силовые шпильки и другие особо ответственные высоконагруженные детали, к которым предъявляются высокие требования по механическим свойствам, работающие при температуре до 500°C.

Ответственные детали рабочих колес поворотно-лопастных турбин, рычаги, серьги, цапфы, пальцы, проушины, крепежные и т.п. изделия.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1, 4] | | Азотирование | Термообработка | Механические свойства | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °C [1, 4] | | | | Сечение ³ , мм | Термообработка |
|---|-----------------|---------------------------------|--|--|--|-----|-----|-----|---------------------------|--|
| σ_{-1} | N | | | | +20 | -20 | -40 | -60 | | |
| 162 | 10 ⁷ | Без азотирования | Нормализация с 870°C, воздух. Закалка с 860°C в масле. Отпуск 620-645°C, 6 ч, воздух | 240-280 НВ $\sigma_T = 595$ Н/мм ² $\sigma_b = 745$ Н/мм ² $\delta = 17\%$ $\psi = 48\%$ | 142 | 113 | 95 | 85 | 200 | Закалка в воде купанием. Отпуск 620-640°C |
| 348 | 10 ⁷ | Азотирование на глубине 0,80 мм | | | 50 | — | 30 | — | 101-300 | Закалка 850-870°C. Отпуск |
| 319 | 10 ⁷ | Азотирование + отпуск 510°C | | | 45 | — | 25 | — | 301-500 | 580-640°C |
| 230-265 | 10 ⁷ | Азотирование + правка | | | ³ Место вырезки образца - 1/3 R. | | | | | |

| 34XH1M, 34XH1MA | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|--|---|---|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------|----|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 860 | Масло | Образцы | 20 | 590–640 | 790–820 | 19–23 | 68 | 200–250 | — |
| | Отпуск | 660 | Воздух | | 200 | 560 | 740 | 18–20 | 62–68 | — | — |
| | | | | | 300 | 520 | 730 | 15 | 54–56 | — | — |
| | | | | | 400 | 480 | 630–670 | 19–21 | 72 | — | — |
| | | | | | 500 | 440–470 | 510–520 | 22–24 | 83–84 | — | — |
| | Скорость деформирования 16 мм/мин | | | Образец прессован- ный $\varnothing 6$ длина 30 | 800 | 89 | 15 | 49 | 84 | — | — |
| | Скорость деформации 0,009 1/с | | | | 1000 | 39 | 58 | 46 | 65 | — | — |
| | | | 1200 | | 20 | 27 | 45 | 100 | — | — | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | | 300 | — | | 1–2 | | | |
| Точечная | | Вода деминерализованная | | | 300 | — | | Подвержена | | | |
| Коррозионное растрескивание | | — | | | — | — | | — | | | |
| Межкристаллитная | | — | | | — | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1240–800 | 1. Поковки энергетического машиностроения 700–1000 | | 1. Отжиг с перекристаллизацией (или нормализация), два переохлаждения, отпуск | | До 100 | | На воздухе | | | |
| Заготовка | 1240–780 | 2. Поковки энергетического машиностроения до 700 и общего машиностроения до 1000 | | 2. Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | 101–350 | | В яме | | | |
| Прокаливаемость [4] | | | | | | | | | Термообработка | | |
| Расстояние от торца, мм | 3 | 60 | 100 | 150 | Закалка с 900°C, вода | | | | | | |
| HRC | 53,5 | 47,5 | 40,5 | 37,5 | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | После отжига при 210–230 НВ и $\sigma_b = 640$ Н/мм ² $K_v = 0,8$ (твердый сплав), $K_v = 0,6$ (быстрорежущая сталь) | | | | Сильно чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Мало склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|-------------------------|--------------------|---------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| 35XН1М2ФА | | Поковки — ОСТ 108.961.05–80, ГОСТ 8479–70, ТУ 108.1028–81. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.961.05–80 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,32–0,40 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,022 | ≤ 0,025 | 1,30–1,70 | 1,30–1,70 | 0,40–0,60 | 0,10–0,20 | — | — | ≤ 0,25 | 750 | 820 | — | — | 300 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка | | | 500–800 | 640 | 785 | 10 | 30 | 39 | — | 248–293 | | | | | |
| | Отпуск | | | | | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.05–80 | Закалка | | | Роторы | 638–834 | 804 | 14 | 40 | 59 | 150 | — | | | | | |
| | Отпуск | — | — | | 638–834 ¹ | 765 | 11 | 32 | 44 | 120 | | | | | | |
| | | | | | Диски | 667–834 ¹ | 814 | 12 | 40 | 49 | | 120 | — | | | |
| ТУ 108–1028–81 | Закалка | 850–870 | Масло | До 450 ¹ | 680–850 | 830 | 12 | 40 | 50 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 570–640 | С печью или на воздухе | | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 850–870 | Масло | До 300 | 785 | 930 | 11 | 35 | 49 | — | 293–331 | | | | | |
| | Отпуск | 570–640 | Воздух | 301–500 | 735 | 880 | 11 | 30 | 39 | — | 277–321 | | | | | |
| ¹ Образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Диски паровых турбин, роторы, оси, валы и другие особо ответственные крупные детали с высокими требованиями к механическим свойствам. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокаливаемость | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Структурные составляющие | Критический диаметр, мм | | | Твердость HRC | Расстояние от охлаждаемого торца, мм | | | | | | | | | | | |
| | в воде | | в масле | | | | | | | | | | | | | |
| Мартенсит | 80 | | — | 51–54 | 200 | | | | | | | | | | | |
| Бейнит | — | | 500 | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | Поковки турбинных дисков, колес и покрышек до 600 | | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | До 100 | На воздухе | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | 101–350 | В яме | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В состоянии закалки и отпуска при σ _в = 804 Н/мм ² K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,4 (быстрорежущая сталь); при σ _в = 765 Н/мм ² K _v = 0,87 (твердый сплав), K _v = 0,53 (быстрорежущая сталь) | | | | Сильно чувствительна | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Мало склонна | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|--|--------------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|------|
| 12ХН2 | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. Трубы — ГОСТ 8731–74. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,09–0,16 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,60–0,90 | 1,50–1,90 | — | — | — | — | ≤ 0,30 | 715 | 773 | 659 | 726 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 840–880 | С печию | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 207 | | | | | |
| | Закалка I | 860 | Вода или масло | До 80 | 590 | 780 | 12 | 50 | 88 | — | — | | | | | |
| | Закалка II | 760–810 | | 80 до 150 | 590 | 780 | 10 | 45 | 79 | | | | | | | |
| Отпуск | 180 | Воздух или масло | Свыше 150 | 590 | 780 | 9 | 40 | 75 | | | | | | | | |
| ГОСТ 8731–74 | В состоянии поставки термообработанные | | | — | 392 | 539 | 14 | — | — | — | — | | | | | |
| ДЦ | Цементация | 920–950 | Масло | Пруток До 100 ¹ | 590 | 780 | 12 | 45 | 69 | Поверхности 56–62 | Сердцевины ≤ 249 | | | | | |
| | Закалка | 790–810 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 180–200 | | | | | | | | | | Воздух | | | | |
| | Цианирование | 840–860 | Масло | Пруток 60 ¹ | 590 | 780 | 12 | 50 | 88 | Поверхности ≥ 56 | Сердцевины ≥ 229 | | | | | |
| | Закалка | 840–860 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 180–200 | | | | | | | | | | Воздух | | | | |
| Цементация | 920–940 | Вода | | | | | | | Поверхности ≥ 58 | — | | | | | | |
| Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | 160–180 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Механические свойства сердцевин ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Шестерни, поршневые пальцы, шлицевые валы, шпонки и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и вязкости сердцевин и высокой поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок или при отрицательных температурах. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | | | | – 80 |
| 323 | — | 10 ⁶ | Закалка с 820°С в масле, отпуск при 580°С; σ _в = 745 Н/мм ² . | | | | 211 | — | — | — | — | 35 | Закалка с 850°С, отпуск при 600°С | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1230–820 | | | | | | | До 100 | | | На воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1250–800 | | | | | | | 101–300 | | | В мульде | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | | | Нормализованное и отпущенное состояние при 156–207 НВ K _v = 0,85 (твердый сплав), K _v = 0,75 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонна | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|--------------------|-------------------------|----------------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 20ХН2М (20ХНМ) | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Al | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,15–0,22 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,40–0,60 | 1,60–2,00 | 0,20–0,30 | — | — | — | ≤ 0,30 | 720 | 825 | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 4543-71 | Отжиг | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 229 | | | | |
| | Закалка I | 860 | Масло | До 80 | 685 | 880 | 11 | 50 | 78 | | | | | | |
| | Закалка II | 780 | Масло | Свыше 80 до 150 | 685 | 880 | 9 | 45 | 70 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 200 | Вода или масло | Свыше 150 | 685 | 880 | 8 | 40 | 66 | | | | | | |
| ДЦ | Цементация | 930–950 | Воздух | До 30 | 930 | 1180 | 11 | 50 | 78 | Поверхности 56–62 | Сердцевины ≥ 341 | | | | |
| | Закалка | 810–830 | Масло | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 180–200 | Воздух | Свыше 30 до 60 | 830 | 1080 | 10 | 40 | 59 | Поверхности 56–62 | Сердцевины ≥ 250 | | | | |
| Назначение. Шестерни, полуоси, сателлиты, кулачки, шарниры и другие детали. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость заготовок, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Сечение, мм | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 70 | – 80 | | | | | | |
| — | — | — | | 75 | — | 50 | — | 37 | — | 11 | Закалка с 840°С в масле; отпуск при: 300°С, 2 ч 400°С, 2 ч 500°С, 2 ч | | | | |
| | | | | 87 | — | 63 | — | 54 | — | 11 | | | | | |
| | | | | 158 | — | 84 | — | 63 | — | 11 | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | | | | | | | | > 60 | | | Медленное | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокаливаемость | | | | | | | | | | | | | | | |
| Расстояние от торца, мм (закалка 810°С) | 4 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 48 | | | | | | | |
| HRC | 34,5–45,5 | 34–45,5 | 26–37,5 | 21–33 | 20–29 | 19,5–28,5 | 18,5–28,5 | 27 | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокочувствительность | | | | | |
| Способ сварки: РД с подогревом и последующей термообработкой. | | | | В закаленном и отпущенном состоянии при σ _в = 880 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав) | | | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---------------------------------|--|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|---|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|--|
| 30ХН2МА | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | |
| 0,27–0,34 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,60–0,90 | 1,25–1,65 | 0,20–0,30 | — | ≤ 0,30 | 730 | 775 | — | — | 340 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 241 | | | | |
| | Закалка | 860 | Масло | До 80 | 785 | 980 | 10 | 45 | 78 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 530 | Воздух | Свыше 80 до 150 | 785 | 980 | 8 | 40 | 70 | — | — | | | | |
| ДЦ | Отпуск | | | Свыше 150 | 785 | 980 | 7 | 35 | 66 | — | — | | | | |
| | Закалка | | | 100–300 | 540 | 685 | 13 | 40 | 49 | — | 223–262 | | | | |
| | Отпуск, 1 ч | 850 | Масло | | | | | | | | | | | | |
| | | 200 | | | | 1550 | 1750 | 10 | 60 | 125 | — | — | | | |
| | | 300 | | | | 1450 | 1600 | 13 | 62 | 90 | — | — | | | |
| | | 400 | | | | 1300 | 1400 | 11 | 60 | 100 | — | — | | | |
| | | 500 | | | | 1100 | 1200 | 15 | 65 | 125 | — | — | | | |
| | 600 | | | | 900 | 1000 | 19 | 70 | 200 | — | — | | | | |
| | Нормализация | 860 | Воздух | | 40 | 900 | 1000 | 12 | 62 | 150 | — | 300 | | | |
| | | 80 | | | 80 | 800 | 930 | 13 | 63 | 140 | — | 275 | | | |
| 680 | | | | 120 | 700 | 850 | 15 | 62 | 120 | — | 250 | | | | |
| 850 | | Масло | | 160 | 720 | 850 | 15 | 57 | 95 | — | 245 | | | | |
| Отпуск | 600–620 | Вода | | 200 | 600 | 800 | 16 | 55 | 80 | — | 240 | | | | |
| | 240 | | | 240 | 600 | 800 | 17 | 53 | 75 | — | 230 | | | | |
| Назначение. Оси, валы, шестерни, звездочки, коленвалы, шатуны, ответственные болты, шпильки, диски и другие ответственные детали, работающие в сложных условиях нагружения при нормальных, пониженных и повышенных температурах. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | σ _в | | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | |
| 456 | 230 | 1060 | Закалка 850°С, выдержка 1,5 ч, масло. | | | | — | — | — | — | — | — | — | | |
| 500 | — | 1800 | Отпуск 560°С, 2 ч. N = 10 ⁷ . | | | | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | | | | | | | Замедленное. Для крупных сечений проводится антифлокочная обработка | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокочувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | При ≤ 241 HB и σ _в = 980 Н/мм ² K _v = 0,63 (твердый сплав), K _v = 0,36 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Мало чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | Мало склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|---|-----------------|---|------------------------------------|---|---|-------------------------|----------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| 40ХН2МА (40ХНМА) | | Поковки — ГОСТ 8479–70, ОСТ 108.958.04–85, ТУ 108.13.32–88. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,37–0,44 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,60–0,90 | 1,25–1,65 | 0,15–0,25 | — | — | ≤ 0,30 | 730 | 820 | 380 | 550 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | КП | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 820–840 | С печью | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 269 | | | |
| | Закалка Отпуск | 835–865 570–670 | Масло Вода | До 80 | 930 | 1080 | 12 | 50 | 78 | — | — | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 930 | 1080 | 10 | 45 | 70 | — | — | | | |
| Закалка Отпуск | 835–865 570–670 | Масло Масло | До 80 | 835 | 980 | 12 | 55 | 98 | — | — | | | | |
| | | | Свыше 80 до 150 | 835 | 980 | 10 | 50 | 88 | — | — | | | | |
| | | | Свыше 150 | 835 | 980 | 9 | 45 | 83 | — | — | | | | |
| ГОСТ 8479–70 ОСТ 108.958.04–85 | Закалка Отпуск | 840–860 550–650 | Масло Вода или масло | До 100 | 785 | 930 | 12 | 40 | 59 | 785 | 293–331 | | | |
| | | | | 100–300 | 785 | 930 | 11 | 35 | 49 | 785 | 293–331 | | | |
| | | | | До 100 | 735 | 880 | 13 | 40 | 59 | 735 | 277–321 | | | |
| | | | | 100–300 | 735 | 880 | 12 | 35 | 49 | 735 | 277–321 | | | |
| | | | | 100–300 | 685 | 835 | 12 | 38 | 49 | 685 | 262–311 | | | |
| | | | | 100–300 | 640 | 785 | 12 | 38 | 49 | 640 | 248–293 | | | |
| | | | | 300–500 | 640 | 785 | 11 | 33 | 44 | 640 | 248–293 | | | |
| | | | | 100–300 | 590 | 735 | 13 | 40 | 49 | 590 | 235–277 | | | |
| | | | | 500–800 | 590 | 735 | 10 | 30 | 39 | 590 | 235–277 | | | |
| | | | | 100–300 | 540 | 685 | 13 | 40 | 49 | 540 | 223–262 | | | |
| 300–500 | 540 | 685 | 12 | 35 | 44 | 540 | 223–262 | | | | | | | |
| 300–500 | 490 | 655 | 12 | 35 | 49 | 490 | 212–248 | | | | | | | |
| 500–800 | 490 | 655 | 11 | 30 | 39 | 490 | 212–248 | | | | | | | |
| 500–800 | 440 | 635 | 11 | 30 | 39 | 440 | 197–235 | | | | | | | |
| Назначение. Коленчатые валы, клапаны, шатуны, крышки шатунов, ответственные болты и силовые шпильки, шестерни, кулачковые муфты, диски турбокомпрессоров и другие тяжело нагруженные детали сложной конфигурации, работающие при динамических нагрузках, к которым предъявляются требования высокой прочности при достаточной пластичности и вязкости. Сталь теплоустойчива до 450°С. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | |
| 447 | 274 | Закалка с 850°С в масле, отпуск при 580°С, σ _в = 880 Н/мм ² . Сечение 100 мм | | | 103 | — | — | 93 | 59 | — | Закалка с 860°С в масле, отпуск при 580°С | | | |
| 392 | 235 | Закалка с 850°С в масле, отпуск при 610°С, σ _в = 795 Н/мм ² . Сечение 400 мм | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °С | Длительность, ч | | | | | Балл стойкости | | | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | 300 | — | | | | | 1–2 | | | | |
| Точечная | | Вода деминерализованная | | 300 | — | | | | | Подвержена | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1220–800 | До 800 | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | | До 80 | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | | | | | | |
| Заготовка | 1220–800 | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокочувствительность | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | В горячекатаном состоянии при 228–235 НВ и σ _в = 560 Н/мм ² K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,4 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---|-------------------|------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 30ХН2МФА (30ХН2ВФА) | | Поковки — ГОСТ 8479–70. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,27–0,34 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,60–0,90 | 2,00–2,40 | 0,20–0,30 | 0,10–0,18 | ≤ 0,30 | 720 | 830 | 365 | 555 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 269 | | |
| | Закалка | 860 | Масло | До 80 | 785 | 880 | 10 | 40 | 88 | — | — | | |
| | Отпуск | 680 | Воздух | Свыше 80 до 150 | 785 | 880 | 8 | 35 | 79 | — | — | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка | | | 100–300 | 490 | 655 | 13 | 40 | 54 | | | 212–248 | |
| | Отпуск | | | 300–500 | 490 | 655 | 12 | 35 | 49 | | | 212–248 | |
| ДЦ | Закалка | 850 | Масло | 15 | 1470 | 1710 | 11 | 50 | 58 | 48 | — | | |
| | Отпуск | 200 | Воздух | | | | | | | | | | |
| | Закалка Отпуск (выдержка 1,5 ч) | 860 | Масло | Центральная зона | | | | | | | | | |
| | | | | 20 | 680 | 940 | 16 | 58 | 140 | — | — | | |
| | | | | Центральная зона | | | | | | | | | |
| | | | | 60 | 740 | 900 | 20 | 65 | 170 | — | — | | |
| | Приповерхностная зона | | | | | | | | | | | | |
| | 60 | 790 | 890 | 19 | 66 | 170 | | | | | | | |
| | Закалка Отпуск | 860 | Масло | | 1460 | 1650 | 8 | 51 | 68 | 49 | — | | |
| | | | | | 1400 | 1550 | 8 | 55 | 54 | 47 | — | | |
| | | | | 1310 | 1410 | 9 | 56 | 64 | 43 | — | | | |
| | | | | 1190 | 1230 | 10 | 58 | 93 | 39 | — | | | |

Назначение. Цельнокованные роторы, диски, детали редукторов, болты, шпильки и другие ответственные детали турбин и компрессорных машин.

| Критический диаметр, мм | | Критическая твердость, HRC | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|-------------------------|---------|----------------------------|----------------|---|---|------|------|------|------|-----------------------------|
| в воде | в масле | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| 60 | — | 44–50 | Закалка 860°С | 68 | — | — | 60 | 56 | — | Закалка 860°С, отпуск 200°С |
| | | | | 55 | — | — | 50 | 46 | — | Закалка 860°С, отпуск 300°С |
| — | 60 | 36–51 | Закалка 860°С | 62 | — | — | 53 | 50 | — | Закалка 860°С, отпуск 400°С |
| | | | | 82 | — | — | 70 | 61 | — | Закалка 860°С, отпуск 500°С |

| Технологические характеристики | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм |
| Слиток | 1200–800 | | | | |
| Заготовка | | Замедленное | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокочувствительность |
|--|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, ЭШ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | В отожженном состоянии при ≤ 269 НВ и σ _в = 880 Н/мм ² K _r = 0,5 (твердый сплав) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Мало склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--------------------------|--------------------------------------|---|------|--------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| 30ХГСН2А (30ХГСНА) | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543-71. Лист тонкий — ГОСТ 11268-76. Лист толстый — ГОСТ 11269-76. Трубы — ОСТ 14-21-77. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543-71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,27-0,34 | 0,90-1,20 | 1,00-1,30 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,90-1,20 | 1,40-1,80 | — | — | — | — | ≤ 0,30 | 705 | 800 | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543-71 | Отжиг или отпуск | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 255 | | | | |
| | Закалка | 885-915 | Масло | До 80 | 1375 | 1620 | 9 | 45 | 59 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 230-310 | Воздух или масло | Свыше 80 до 150 | 1375 | 1620 | 7 | 40 | 53 | | | | | | |
| ГОСТ 11268-76 | В состоянии поставки (термообработанные) | | | До 3,9 | — | 590-830 | 19 | — | — | — | — | | | | |
| | Закалка | 900 | Масло | До 3,9 | — | 1570 | 9 | — | — | — | — | | | | |
| | Отпуск | 200-300 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Шестерни, фланцы, кулачки, пальцы, валики, оси и другие ответственные тяжело нагруженные детали. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | |
| 505 | — | 10 ⁷ | Нормализация 890°С. Закалка 890°С, масло. Отпуск 230°С. σ _{0,2} = 1600 Н/мм ² , σ _B = 1700 Н/мм ² | | | 220 | — | 120 | — | 80 | — | Закалка 900°С, масло. Отпуск 650°С, выдержка 2,5 ч, масло | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1220-850 | До 200 | | Отжиг низкотемпературный | | | | До 60 | | На воздухе в штабелях | | | | | |
| Заготовка | 1200-800 | | | | | | | Свыше 60 | | Замедленное | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | В состоянии отжига при 217 HB и σ _B = 750 Н/мм ² K _v = 0,85 (твердый сплав), K _v = 0,7 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---|-------------------|--|---|------------------------------------|------|--------------------|-------------------------|----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 12ХНЗА | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,09–0,16 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,60–0,90 | 2,75–3,15 | — | — | — | — | ≤ 0,30 | 715 | 773 | 659 | 726 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 830–870 | С печью | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 217 | | | | |
| | Закалка I | 860 | Вода или масло | До 80 | 685 | 930 | 11 | 55 | 88 | — | — | | | | |
| | Закалка II | 760–810 | Воздух или масло | Свыше 80 до 150 | 685 | 930 | 9 | 50 | 79 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 180 | Воздух или масло | Свыше 150 | 685 | 930 | 8 | 45 | 75 | — | — | | | | |
| ДЦ | Цементация | 920–950 | Масло | До 60 ² | 835 | 980 | 12 | 55 | 118 | Поверхности 58–63 | Сердцевины ≥ 302 | | | | |
| | Закалка | 800–820 | | До 100 ² | 685 | 835 | 10 | 50 | 78 | Поверхности 56–62 | Сердцевины ≥ 250 | | | | |
| | Отпуск | 160–200 | Воздух | Не определяются | | | | | Поверхности 56–63 | Сердцевины ≥ 229 | | | | | |
| | Цементация | 920–950 | Воздух | Не определяются | | | | | | | | | | | |
| | Нормализация или закалка ¹ | 900–920 | | Не определяются | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 630–660 | | Не определяются | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 780–820 | | Не определяются | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | 150–200 | Не определяются | | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Операция применяется для ответственных деталей сложной конфигурации с целью понижения устойчивости остаточного аустенита в цементованном слое, получения более высокой и равномерной твердости поверхности после закалки и низкого отпуска и уменьшения деформации. | | | | | | | | | | | | | | | |
| ² Механические свойства сердцевинны ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Шестерни, валы, червяки, кулачковые муфты, поршневые пальцы, оси и другие детали, к которым предъявляются требования высокой прочности, пластичности и вязкости сердцевинны и высокой поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок или при отрицательных температурах. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | | |
| 382 | — | Закалка с 820°С в масле, отпуск при 200°С. σ _{0,2} = 680 Н/мм ² , σ _в = 960 Н/мм ² . | | | 127 | — | — | 103 | — | — | Прутки сечением 10 мм. Закалка 850°С, масло. Отпуск 200°С, 1 ч. 36 HRC. | | | | |
| 338 | 230 | σ _{0,2} = 610 Н/мм ² , σ _в = 730 Н/мм ² . | | | 42 | — | — | 14 | — | — | Газовая цементация 910°С, 3 ч. Закалка 810°С, масло. Отпуск 200°С, 1 ч. 57 HRC. | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1220–800 | До 800 | | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | | | До 100 | | На воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1220–800 | | | | | | | | | | | | | 101–300 | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокочувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | | | В горячекатаном состоянии при 183–187 НВ и σ _в = 590 Н/мм ² K _r = 1,25 (твердый сплав), K _r = 0,95 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | | | Склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|---|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|--------|----|------|------|----|----|-----|----|---|
| 20ХНЗА | | Поковки и кованные заготовки — ГОСТ 8479–70. Сортовой и фасонный прокат — ГОСТ 4543–71. Трубы — ОСТ 14–21–77. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | | | | | | | | |
| 0,17–0,24 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,60–0,90 | 2,75–3,15 | ≤ 0,30 | 730 | 810 | 615 | 700 | 340 | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | | С печью | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 255 | | | | | | | | | |
| | Закалка | 820 | Масло | До 80 | 735 | 930 | 12 | 55 | 108 | — | — | | | | | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 735 | 930 | 10 | 50 | 97 | — | — | | | | | | | | | |
| | | | | Свыше 150 | 735 | 930 | 9 | 45 | 92 | — | — | | | | | | | | | |
| Отпуск | | 500 | Вода или масло | Свыше 150 | 735 | 930 | 9 | 45 | 92 | — | — | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка Отпуск | | ПС | До 100 | 685 | 835 | 13 | 42 | 59 | — | 262–311 | | | | | | | | | |
| Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [1, 4] | Цементация | 920–950 | Воздух | До 100 | 685 | 880 | 11 | 50 | 69 | Поверхности 58–62 | Сердцевинны ≥ 240 | | | | | | | | | |
| | Нормализация ¹ | 870–890 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск ¹ | 630–660 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 790–810 | | | | | | | | | | Масло | | | | | | | | |
| | Отпуск | 180–200 | | | | | | | | | | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 850 | | | | | | | | | | Масло | 5 | 1220 | 1420 | 12 | 55 | 86 | — | |
| | Отпуск | 200 | | | | | | | | | | Воздух | 15 | 1180 | 1370 | 13 | 65 | 76 | 44 | — |
| | | | | | | | | | | | | | 20 | 1080 | 1270 | 13 | 65 | 89 | — | — |
| | | | | | | | | | | | | | 30 | 700 | 800 | 20 | 70 | 167 | — | — |
| | Закалка | 880 | | | | | | | | | | Масло | 50 | 610 | 730 | 19 | 71 | 167 | — | — |
| Отпуск | | | 600 | Воздух | 80 | 580 | 700 | 23 | 68 | 167 | — | | — | | | | | | | |
| | | | | | 220 | 510 | 660 | 14 | 51 | 167 | — | | — | | | | | | | |
| 220 ² | 570 | 690 | 23 | 67 | 157 | — | — | | | | | | | | | | | | | |

¹ Операции применяются для ответственных деталей сложной конфигурации с целью получения более высокой и равномерной твердости поверхности после закалки и низкого отпуска и уменьшения деформации.

² Место вырезки образца – край.

| 20ХНЗА | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--------------------------------------|---|--|---|--------------------|----------------------------------|------------|------|-------------|------------------------------------|
| Назначение. Шестерни, валы, втулки, силовые шпильки, болты, муфты, червяки и другие детали, к которым предъявляются требования высокой прочности, пластичности и вязкости сердцевины и высокой поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок или при отрицательных температурах. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С [1, 4] | | | | | | Сечение, мм | Термообработка |
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 50 | - 60 | | |
| 382 | — | 10 ⁶ | Цементация 920–950°C. | 86 | — | — | 85 | 64 | — | 10 | Закалка 850°C, масло. Отпуск 200°C |
| | | | Закалка с 820°C в масле, отпуск при 200°C, $\sigma_b = 960$ Н/мм ² | 167 | — | — | 69 | 64 | — | 30 | Закалка 880°C, масло. Отпуск 560°C |
| 338 | 230 | 10 ⁶ | Цементация 920–950°C. | 167 | — | — | 83 | 73 | — | 50 | Закалка 880°C, масло. Отпуск 560°C |
| | | | Закалка с 820°C в масле, отпуск при 500°C, $\sigma_b = 730$ Н/мм ² | 167 | — | — | 69 | — | — | 80 | Закалка 880°C, масло. Отпуск 560°C |
| | | | | 196 | — | 122 | — | — | — | 100 | Нормализация 860°C, воздух |
| 421 | — | 10 ⁶ | Цементация 920–950°C. | — | — | — | 100 | — | 86 | 100 | Закалка 810°C, масло. Отпуск 600°C |
| | | | Закалка с 800°C в масле, отпуск при 500°C, $\sigma_b = 945$ Н/мм ² | 167 | — | — | 118 | 78 | — | 220 | Закалка 880°C, масло. Отпуск 630°C |
| Количество мартенсита, % | Критическая твердость HRC | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | |
| | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | |
| 50 | 32–37 | 70–96 | | 44–62 | | — | | — | | | |
| 90 | 39–44 | 42–64 | | 20–38 | | — | | — | | | |
| Технологические характеристики [1, 8] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1220–800 | До 800 | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | | До 100 | На воздухе | | | | |
| Заготовка | 1220–800 | | | | | 101–300 | В яме | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ | | | В горячекатаном состоянии при 177 НВ и $\sigma_b = 620$ Н/мм ² $K_v = 0,95$ (твердый сплав), $K_v = 0,8$ (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|--------------------------------------|---|------------------------------------|--------------------|-----------|----------------------------------|------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| 30ХНЗА | | Поковки — ГОСТ 8479–70. Сортовой и фасонный прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,27–0,33 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,60–0,90 | 2,75–3,15 | — | — | — | — | ≤ 0,30 | 700 | 760 | 610 | 680 | 105 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 800–820 | С печью | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 241 | | | | | |
| | Закалка | 820 | Масло | До 80 | 785 | 980 | 10 | 50 | 78 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 530 | Вода или масло | 80 до 150 | 785 | 980 | 8 | 45 | 70 | — | — | | | | | |
| | | | | Свыше 150 | 785 | 980 | 7 | 40 | 66 | — | — | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка | | | До 100 | 590 | 735 | 14 | 45 | 59 | — | 235–277 | | | | | |
| | Отпуск | | | | 685 | 835 | 13 | 42 | 59 | — | 262–311 | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 850 | Масло | 5 | 1420 | 1670 | 13 | 50 | 66 | 49 | — | | | | | |
| | Отпуск | 200 | Воздух | 20 | 1370 | 1670 | 12 | 45 | 49 | 48 | — | | | | | |
| | | | | 20 | 830 | 930 | 20 | 66 | 147 | — | 390 | | | | | |
| | Закалка | 820 | Масло | 40 | 810 | 910 | 20 | 65 | 147 | — | 380 | | | | | |
| | Отпуск | 580–600 | Воздух | 60 | 780 | 880 | 20 | 62 | 142 | — | 370 | | | | | |
| | | | | 80 | 730 | 850 | 20 | 61 | 132 | — | 360 | | | | | |
| Назначение. Венцы ведомых колес тяговых зубчатых передач электропоездов, шестерни и другие улучшаемые детали. Может применяться при температуре минус 80°С (стенки толщиной не более 100 мм). | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | | | |
| 510 | — | Закалка 830°С, масло. Отпуск 430°С. σ _b = 1330 Н/мм ² | | | 79 | — | — | 75 | 73 | — | Закалка с 820°С в масле | | | | | |
| 480 | — | σ _b = 1050 Н/мм ² | | | 80 | — | — | 70 | 74 | — | отпуск при 200°С | | | | | |
| 420 | — | Закалка 830°С, масло. Отпуск 580°С. σ _b = 950 Н/мм ² | | | 61 | — | — | 44 | 37 | — | отпуск при 250°С | | | | | |
| 372 | — | σ _b = 830 Н/мм ² | | | 51 | — | — | 37 | 27 | — | отпуск при 300°С | | | | | |
| | | | | | 123 | — | — | 87 | 72 | — | отпуск при 400°С | | | | | |
| | | | | | 192 | — | — | 182 | 179 | — | отпуск при 500°С | | | | | |
| | | | | | | | | | | | отпуск при 600°С | | | | | |
| Количество мартенсита, % | | Критическая твердость HRC | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | | |
| | | | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | | | | |
| — | | 42 | | 40 | | 20 | | — | | — | | | | | | |
| 50 | | — | | — | | 100 | | — | | — | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | | |
| Слиток | 1220–800 | | | | | До 100 | На воздухе | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1220–800 | | | | | 101–300 | В яме | | | | | | | | | |
| Прокаливаемость | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Расстояние от торца, мм (закалка 870°С) | | 1,5 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | | | | | | | |
| HRC | | 52 | 52,5 | 52 | 51,5 | 51 | 51,5 | 51,5 | 50,5 | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, ЭШ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 346 НВ и σ _b = 1030 Н/мм ² K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь). В горячекатаном состоянии при 157 НВ и σ _b = 550 Н/мм ² K _v = 1,1 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|---|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|-------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 34ХНЗМ, 34ХНЗМА | | Поковки — ГОСТ 8479–70, ОСТ 108.958.04–85, ОСТ 108.961.05–80, ТУ 108.11.889–87, ТУ 108.11.917–87, ТУ 108.13.32–88, ТУ 108.17.1050–78, ТУ 108.1028–81, ТУ 108.1029–81. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.958.04–85 | | | | | | | | | Марка стали | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,30–0,40 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 0,70–1,10 | 2,75–3,25 | 0,25–0,40 | ≤ 0,30 | 34ХНЗМ | 720 | 790 | — | 490 |
| 0,30–0,40 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,70–1,10 | 2,75–3,25 | 0,25–0,40 | ≤ 0,30 | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.961.05–80 | | | | | | | | | Марка стали | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | | 34ХНЗМА | | | |
| 0,30–0,40 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,022 | ≤ 0,025 | 0,70–1,10 | 2,75–3,25 | 0,25–0,40 | ≤ 0,25 | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
|--------------|----------------------|-------|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Нормализация | ПС | | До 100 ¹ | 785 | 930 | 12 | 40 | 59 | 293–331 | 785 |
| | | | | До 100 | 735 | 880 | 13 | 40 | 59 | 277–321 | 735 |
| | | | | 101–300 | 735 | 880 | 12 | 35 | 49 | 277–321 | 735 |
| | | | | До 100 | 685 | 835 | 13 | 42 | 59 | 262–311 | 685 |
| | | | | 100–300 | 685 | 835 | 12 | 38 | 49 | 262–311 | 685 |
| | | | | 300–500 | 685 | 835 | 11 | 33 | 39 | 262–311 | 685 |
| | Закалка Отпуск | ПС | | 100–300 ¹ | 785 | 930 | 11 | 35 | 49 | 293–331 | 785 |
| | | | | 300–500 | 785 | 930 | 10 | 30 | 39 | 293–331 | 785 |
| | | | | 300–500 | 735 | 880 | 11 | 30 | 39 | 277–321 | 735 |
| | | | | 500–800 | 735 | 880 | — | — | — | 277–321 | 735 |
| | | | | 500–800 | 685 | 835 | 10 | 30 | 39 | 262–311 | 685 |
| | | | | 300–500 | 640 | 785 | 11 | 33 | 44 | 248–293 | 640 |
| | | | | 500–800 | 640 | 785 | 10 | 30 | 39 | 248–293 | 640 |
| | | | | 500–800 | 640 | 785 | 10 | 30 | 39 | 248–293 | 640 |

¹ Данные стали 34ХНЗМА.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
|-------------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-------------------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.958.04–85 | ПС | | | 300–500 | 590–785 | 735 | 12 | 35 | 44 | 235–277 | 590С |
| | | | | 500 | 640 | 785 | 11 | 33 | 44 | 248–293 | 640 |
| | | | | 300–500 | 640–835 | 785 | 11 | 33 | 44 | 248–293 | 640С |
| | | | | 400 | 685 | 835 | 11 | 33 | 44 | 262–311 | 685 |
| | | | | 300–500 | 685–835 | 835 | 11 | 33 | 39 | 262–311 | 685С |
| | | | | 150–400 | 685–835 | 835 | 12 | 35 | 49 | 262–293 | 685С ² |
| | | | | 300 | 735 | 880 | 12 | 35 | 49 | 277–321 | 735 |
| | | | | 100–300 | 735–880 | 880 | 12 | 35 | 49 | 277–321 | 735С |
| | | | | 150 | 785 | 930 | 11 | 35 | 49 | 293–331 | 785 |
| | | | | 100 | 785–930 | 930 | 12 | 40 | 59 | 293–331 | 785С |
| 100–300 | 785–930 | 930 | 11 | 35 | 49 | 293–331 | 785С | | | | |

² Образцы тангенциальные.

Примечания.

1. Буква "С" в КП указывает на то, что поковки с заданными механическими свойствами поставляются по согласованию изготовителя с потребителем.

2. Для дисков компрессоров устанавливается ограничение верхнего значения предела текучести: для стали 34ХНЗМА при КП 735 $\sigma_{0,2} = 735\text{--}940$ Н/мм².

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ |
|-------------------|----------------------|--------------------|-----------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.05–80 | Закалка Отпуск | 850–870 580–610 | Масло С печью или воздух | Роторы | 687–883 | 853 | 14 | 40 | 59 | 150 | — |
| | | | | Диски | 667–834 ² | 814 | 11 | 32 | 44 | 120 | — |
| | | | | | 667–834 ² | 814 | 12 | 40 | 49 | 120 | — |

34ХНЗМ, 34ХНЗМА

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | НВ | КП |
|-------------------------|----------------------|-------|----------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.11. 889–87 | Термообработанные | | | 250 | 883 ² | 1010 | 12 | 30 | 39 | — | 885 |
| | | | | 300 | 784 ² | 930 | 13 | 35 | 39 | — | 785 |
| | | | | 300 | 735 ² | 883 | 13 | 35 | 49 | — | 735 |
| | | | | 350 | 686 ² | 834 | 14 | 35 | 49 | — | 685 |
| | | | | 350 | 588 ² | 735 | 14 | 40 | 49 | — | 590 |
| | | | | 350 | 490 ² | 657 | 14 | 40 | 54 | — | 490 |

Примечания.

1. Обязательными для приемки показателями заготовок для всех категорий прочности являются: $\sigma_{0,2}$, δ , ψ и KCV.
2. Допускается снижение относительного удлинения на 1% на одном образце для всех категорий прочности.
3. Допускается по требованию чертежа, согласованного с потребителем, определение механических свойств производить на продольных образцах. Значение механических свойств должны соответствовать таблице.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------------------|--------------------------------------|-------|----------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|--------------------------|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.11. 917–87 | После предварительной термообработки | | | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 255 |
| ТУ 108.13. 32–88 | Закалка Отпуск | ПС | 801–1100 | 590 | 735 | 10 | 30 | 39 | — | 235–277 | |
| | | | 1101–1500 | 590 | 735 | 10 | 30 | 34 | — | 235–277 | |
| | | | 801–1100 | 490 | 655 | 11 | 30 | 39 | — | 212–248 | |
| | | | 1101–1500 | 490 | 655 | 10 | 30 | 34 | — | 212–248 | |
| ТУ 108.17. 1050–78 | Закалка Отпуск | ПС | 301–500 | 588–784 | 735 | 12 | 35 | 44 | — | 235–277 | |
| | | | 501–800 | 588–784 | 735 | 10 | 30 | 39 | — | 235–277 | |
| | | | 301–500 | 686–833 | 833 | 11 | 33 | 39 | — | 262–311 | |
| | | | 151–400 | 686–833 ² | 833 | 12 | 35 | 49 | — | 262–293 | |
| | | | 101–300 | 735–882 | 882 | 12 | 35 | 49 | — | 277–321 | |
| | | | До 100 | 784–931 | 931 | 12 | 40 | 59 | — | 293–331 | |
| | | | 101–300 | 784–931 | 931 | 11 | 35 | 49 | — | 293–331 | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108. 1028–81 | ПС | | | Диски | 664–833 ² | 815 | 12 | 40 | 49 | 120 | — |

Примечания.

1. Сдаточными характеристиками являются: $\sigma_{0,2}$, ψ , KCU при 20°C, проба на изгиб.
2. При испытании образцов из заготовок дисков V категории прочности, взятых из средней трети по высоте ступицы, допускается снижение значений ударной вязкости до 39 Дж/см² и сужение площади поперечного сечения до 35%.
3. Разброс значений твердости между ободом и ступицей не должен превышать 35 НВ, а между отдельными точками обода или ступицы — не более 30 НВ. Замеры твердости должны производиться с целью проверки равномерности выполнения термической обработки. Абсолютные величины значений твердости не являются прямо-сдаточными характеристиками, но для заготовок V категории прочности максимальная твердость на ободу не должна превышать 302 НВ.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ |
|--------------------|----------------------|---------|-----------------------------|------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|--------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108. 1029–81 | Закалка Отпуск | 850–870 | Масло С печью или воздух | Валы и роторы | 638–834 | 804 | 14 | 40 | 59 | 150 | — |
| | | 580–610 | | | 638–834 ² | 765 | 11 | 32 | 44 | 120 | — |

Примечания.

1. Прямо-сдаточными характеристиками являются: $\sigma_{0,2}$, ψ , KCU при 20°C, проба на изгиб.
2. Колебания значений твердости по окружности заготовки бочки ротора или вала не должно превышать 30 НВ, а по образующей — 40 НВ.
3. По согласованию сторон испытания на изгиб могут производиться только на продольных или тангенциальных образцах.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-----|------------------------|---------|---------------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [I] | Нормализация Отпуск | 850–880 | Воздух Печь или воздух | 800–1100 | 490 | 640 | 14 | 30 | 39 | — | 187–229 |
| | | 560–650 | | | | | | | | | |

| 34ХНЗМ, 34ХНЗМА | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|--|-------------------------------------|--|---|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------|---|--|-------------------------|----|-------|
| Назначение. Валы, роторы и диски паровых турбин и компрессорных машин, валы экскаваторов, оси, муфты, шестерни, полумуфты, вал-шестерни, болты, силовые шпильки и другие особо ответственные высоконагруженные детали, к которым предъявляются высокие требования по механическим свойствам, работающие при температуре до 500°C. Ответственные детали рабочих колес поворотного-лопастных турбин, рычаги, серьги, цапфы, пальцы, проушины, крепежные и т.п. изделия. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | | Термообработка | | | | |
| | | | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | 397 — 10 ⁷ $\sigma_{0,2} = 850 \text{ Н/мм}^2$; $\sigma_b = 1010 \text{ Н/мм}^2$; 293–311 НВ 358 — 10 ⁷ Нормализация 850–870°C, воздух; $\sigma_{0,2} = 550 \text{ Н/мм}^2$; $\sigma_b = 800 \text{ Н/мм}^2$; 220–230 НВ 426 — 10 ⁷ Закалка 840–860°C, масло. Отпуск 580–620°C; $\sigma_{0,2} = 840 \text{ Н/мм}^2$; $\sigma_b = 980 \text{ Н/мм}^2$; 290–310 НВ | | | 105 | 91 | 64 | 73 | 73 | 59 | Закалка с 860°C в масле, отпуск при 610°C, заготовка сечением 300 мм | | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | | | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | |
| [4] | Закалка Отпуск | 850–870 690, 5 ч | Масло | Пруток | 20 | 860 | 960 | 19 | 49 | 127 | — | | | | | |
| | | | | | 200 | 760 | 900 | 16 | 60 | 149 | — | | | | | |
| | Закалка Отпуск | 850–870 630–650, 1,5–2 ч | Масло Воздух | Пруток | 300 | 720 | 910 | 17 | 56 | — | — | | | | | |
| | | | | | 400 | 700 | 860 | 21 | 70 | 145 | — | | | | | |
| | | | | | 500 | 540 | 610 | 18 | 75 | 101 | — | | | | | |
| | | | | | 600 | 460 | 480 | 25 | 89 | 109 | — | | | | | |
| | | | | | 700 | 160 | 180 | 47 | 96 | — | — | | | | | |
| | | | | | 400 | 500 | 720 | 22 | 68 | — | — | | | | | |
| | Закалка Отпуск | 850–870 690, 5 ч | Масло | Пруток | 500 | 470 | 600 | 24 | 76 | 78 | — | | | | | |
| | | | | | 600 | 320 | 350 | 32 | 91 | 96 | — | | | | | |
| | Скорость деформирования 16 мм/мин Скорость деформации 0,009 1/с | | | | Образец кованный ø 6 длина 30 | 825 925 1025 | 87 51 36 | 145 91 66 | 62 67 — | 98 98 100 | — — — | — — — | | | | |
| | Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | | | | |
| | | 1·10 ⁵ | | | | 1/10 ⁴ | | 1/10 ⁵ | | | | | | | | |
| [4] | 450 | 225 | | | | 294 | | 156 | | | | | | | | |
| | 500 | 59–76 | | | | 34 | | — | | | | | | | | |
| | 550 | 39 | | | | — | | 12 | | | | | | | | |
| | 575 | 31 | | | | — | | — | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток | 1240–800 | Поковки общего и энергетического машиностроения: 1. До 600 | | 1. Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | До 100 | | На воздухе | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 2. 601–1000 | | 2. Отжиг с перекристаллизацией (или нормализация), два переохлаждения, отпуск | | 101–350 | | В яме |
| Заготовка | 1240–780 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокаливаемость [4] | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Расстояние от торца, мм | 1,5 | 6 | 12 | 18 | 30 | 48 | Термообработка | | | | | | | | | |
| HRC | 51–53 | 48–50,5 | 47,5–50 | 47,5–50 | 47,5–50 | 47,5–50 | — | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | В отожженном состоянии при 210–270 НВ и $\sigma_b = 640 \text{ Н/мм}^2$ $K_v = 0,7$ (твердый сплав), $K_v = 0,5$ (быстрорежущая сталь) | | | | Сильно чувствительна | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Мало склонна | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
|---|-----------|---|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 38ХНЗМА | | Поковки — ГОСТ 8479–70. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,33–0,40 | 0,17–0,37 | 0,25–0,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,80–1,20 | 2,75–3,25 | 0,20–0,30 | ≤ 0,30 | 720 | 790 | 300 | 315 |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг или отпуск | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 269 |
| | Закалка | 835–865 | Масло | До 80 | 980 | 1080 | 12 | 50 | 78 | — | — |
| | Отпуск | 540–640 | Воздух | Свыше 80 до 150 | 980 | 1080 | 10 | 45 | 70 | — | — |
| | | | | Свыше 150 | 980 | 1080 | 9 | 40 | 66 | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | КП | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка | 835–865 | Масло | 300–500 | 785 | 930 | 10 | 30 | 39 | 785 | 293–331 |
| | Отпуск | 540–640 | Воздух | 300–500 | 735 | 880 | 11 | 30 | 39 | 735 | 277–321 |
| | | | | 500–800 | 685 | 835 | 10 | 30 | 39 | 685 | 262–311 |
| | | | | 300–500 | 640 | 785 | 11 | 33 | 44 | 640 | 248–293 |
| | | | | 500–800 | 640 | 785 | 10 | 30 | 39 | 640 | 248–293 |
| | Нормализация | ПС | | 100–300 | 735 | 880 | 12 | 35 | 49 | 735 | 277–321 |
| 100–300 | | | | 685 | 835 | 12 | 38 | 49 | 685 | 262–311 | |
| | | | 300–500 | 685 | 835 | 11 | 33 | 39 | 685 | 262–311 | |

Назначение. Валы, оси, шестерни, муфты и другие крупные особо ответственные детали.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | Термообработка | | |
|--|-----------------|-------------------|---|---|---|------|------|------|----------------|--|--|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | | - 80 | |
| 549 | — | 10 ⁵ | Закалка. Высокий отпуск. σ _{0,2} = 920 Н/мм ² . | 100 | — | — | 97 | 95 | 95 | Закалка 850°С, масло. Отпуск 550°С, вода | |
| 461 | — | 10 ⁶ | | 135 | — | — | 137 | 138 | 133 | | Закалка 850°С, масло. Отпуск 650°С, вода |
| 431 | 294 | 5·10 ⁶ | | | | | | | | | |

| Механические свойства прутка в зависимости от сечения | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 850 | Масло | 30 | 940 | 1060 | 12 | 50 | 98 | — | — |
| | Отпуск | 580–600 | Воздух | 50 | 900 | 1040 | 12 | 50 | 98 | — | — |
| | | | | 80 | 880 | 1020 | 12 | 50 | 98 | — | — |
| | | | | 120 | 860 | 1020 | 12 | 50 | 78 | — | — |
| | | | | 160 | 840 | 1000 | 10 | 45 | 59 | — | — |
| | | | | 200 | 800 | 980 | 10 | 45 | 59 | — | — |
| | | | | 240 | 780 | 980 | 10 | 45 | 59 | — | — |

| 38ХНЗМА | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|--------------------|--|--------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|------|-------------------------|-----|----------|---|---|
| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{отп} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| [4] | Закалка | 840 | Масло | Образцы | 200 | 1520 | 1710 | 10 | 48 | 78 | 475 | | | |
| | | | | | 300 | 1400 | 1570 | 10 | 49 | 39 | 440 | | | |
| | | | | | 400 | 1250 | 1370 | 10 | 50 | 49 | 400 | | | |
| | | | | | 500 | 1080 | 1220 | 12 | 54 | 78 | 350 | | | |
| | | | | | 600 | 900 | 1030 | 17 | 60 | 118 | 300 | | | |
| Кратковременная теплопрочность | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{исп} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| [4] | Закалка | 850 | Масло | Образцы | 200 | 940 | 1080 | 13 | 49 | — | — | | | |
| | | | | | Отпуск | 550 | Воздух | 300 | 860 | 1030 | 13 | 60 | — | — |
| | | | | | | | | 400 | 800 | 930 | 12 | 70 | — | — |
| | | | | | | | | 500 | 710 | 760 | 14 | 78 | — | — |
| | | | | | | | | 600 | 440 | 490 | 26 | 84 | — | — |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервалковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | | ПС | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1200–850 | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций | | | В отожженном состоянии при ≤ 269 НВ K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | | | | Повышенно чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|---|-------------------|--|---|------------------------------------|-----------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 25ХНЗМФА | | Поковки — ТУ 108.11.917–87, ТУ 108.11.943–87, ТУ 108.11.945–87. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.11.917–87 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cu | Cr | Ni | Mo | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,20–0,25 | ≤ 0,37 | 0,25–0,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,30 | 1,40–1,80 | 3,00–3,75 | 0,30–0,50 | 0,08–0,15 | 720 | 820 | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | σ ₋₁ , Н/мм ² | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ТУ 108.11.917–87 | После предварительной термообработки | | | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 255 | | |
| ТУ 108.11.943–87 | После окончательной термообработки | | | Валы | 490 ¹ | 640 | 16 | 45 | 69 | 255 | — | | |
| | | | | | 490 | 640 | 17 | 50 | 78 | — | | | |
| | | | | | 490 ² | 640 | 15 | 40 | 59 | — | | | |
| ¹ Образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | | | |
| ² Образцы радиальные. | | | | | | | | | | | | | |
| ³ По ТУ 108.11.943–87 критическая температура хрупкости T _K ≤ +20°С, коэффициент интенсивности напряжений K _{IC} = 2940 Н/мм ^{3/2} . | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Валы роторов турбогенераторов. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | 1200–850 | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ с подогревом и последующей термообработкой. | | | | После термической обработки ≤ 255 НВ K _v = 1,0 (твердый сплав), K _v = 0,66 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Умеренная | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 35ХНЗМФА | | Поковки — ОСТ 108.961.05–80, ТУ 108.11.910–87, ТУ 108.11.889–87, ТУ 108.11.923–87. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,30–0,39 | 0,17–0,37 | 0,25–0,50 | ≤ 0,022 | ≤ 0,025 | 1,10–1,40 | 2,75–3,25 | 0,30–0,40 | 0,08–0,15 | ≤ 0,20 | ОСТ 108.961.05–80 | 730 | 770 | — | — |
| 0,30–0,36 | ≤ 0,37 | 0,20–0,40 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 1,10–1,40 | 2,75–3,25 | 0,30–0,40 | 0,08–0,15 | ≤ 0,30 | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.05–80 | Закалка | — | — | Роторы | 678–834 | 804 | 14 | 40 | 59 | 150 | — | | | |
| | Отпуск | — | — | | 678–834 ¹ | 804 | 12 | 30 | 49 | 120 | — | | | |
| ТУ 108.11.910–87 | Закалка | — | — | Валы | 636 ¹ | 735 | 15 | 30 | 49 | — | — | | | |
| | Отпуск | — | — | | 636 | 735 | 16 | 40 | 78 | — | — | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.889–87 | Термообработанные | | | 250 | 883 ¹ | 1010 | 12 | 30 | 39 | — | — | | | |
| | | | | 300 | 784 ¹ | 930 | 13 | 35 | 39 | — | — | | | |
| | | | | 300 | 735 ¹ | 883 | 13 | 35 | 49 | — | — | | | |
| | | | | 350 | 686 ¹ | 834 | 14 | 35 | 49 | — | — | | | |
| | | | | 350 | 588 ¹ | 735 | 14 | 40 | 49 | — | — | | | |
| | | | | 350 | 490 ¹ | 657 | 14 | 40 | 54 | — | — | | | |

| 35ХНЗМФА | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|---|-------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCV, Дж/см ² | σ_{-1} , Н/мм ² | K _{IC} , Н/мм ^{3/2} |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.923-87 | Закалка | — | — | Валы роторов | 637 ¹ | 735 | 45 | 16 | 58,8 | ≥ 264 | — |
| | | | | | 666-813 | 764 | 45 | 16 | 58,8 | ≥ 304 | — |
| | | | | | 666-813 ¹ | 764 | 45 | 16 | 58,8 | ≥ 304 | — |
| | | | | | 637 | 735 | 50 | 17 | 68,6 | ≥ 264 | ≥ 4110 |
| | 666-813 | 764 | 50 | | 17 | 68,6 | ≥ 304 | ≥ 3921 | | | |
| | 666-813 ¹ | 764 | 50 | | 17 | 68,6 | ≥ 304 | ≥ 3921 | | | |
| | 637 | 735 | 45 | | 16 | 58,8 | — | — | | | |
| | 666-813 | 764 | 45 | | 16 | 49,0 | — | — | | | |
| | 666-813 ¹ | 764 | 45 | 16 | 49,0 | — | — | | | | |
| | Отпуск | — | — | Валы маховиков | 637 ¹ | 735 | 45 | 16 | 58,8 | ≥ 264 | — |
| | | | | | 637 | 735 | 50 | 17 | 68,6 | ≥ 264 | ≥ 4110 |
| | | | | | 637 | 735 | 45 | 16 | 58,8 | — | — |

¹ Образцы тангенциальные.

² По ТУ 108.11.923-87 критическая температура хрупкости $T_K \leq +15^\circ\text{C}$.

Назначение. Валы и роторы газовых турбин и компрессоров, кованные заготовки для комплектующих деталей к роторам турбогенераторов.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|--|---|----|------|------|------|------|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | |
| 314 | — | Закалка с 850-860°C в масле, отпуск при 620-630°C. | 98 | 69 | 59 | 59 | 59 | — | Закалка с 850°C в масле, отпуск при 620°C. |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200-800 | | | До 100 | На воздухе |
| Заготовка | 1200-800 | | | 101-350 | В яме |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокочувствительность |
|---|---|---|
| Не применяется для сварных конструкций. | После закалки и отпуска при 346 НВ и $\sigma_b = 800$ Н/мм ² K _v = 0,68 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | |
|--|----------------------|---|-------------------|-----------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|---------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----|----|--|----|--|
| 38ХНЗМФА | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71, ТУ 14–1–5036–91, ТУ 108.11.853–87. Лист — ТУ 108.11.906–87. Крепежные детали — ГОСТ 23304–78. Поковки — ГОСТ 8479–70, ОСТ 108.958.04–85, ТУ 108.11.889–87, ТУ 108.11.910–87, ТУ 108.13.32–88, ТУ 108.1029–81. | | | | | | | | | | Ас ₁ | | Ас ₃ | | Мн | | Мк | |
| | | Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo ¹ | V | Cu | ГОСТ 4543–71 | | 725 | 775 | 300 | 250 | | | | |
| 0,33–0,40 | 0,17–0,37 | 0,25–0,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,20–1,50 | 3,00–3,50 | 0,35–0,45 | 0,10–0,18 | ≤ 0,30 | ТУ 108.1029–81 | | | | | | | | | |
| 0,34–0,42 | ≤ 0,37 | 0,25–0,55 | ≤ 0,022 | ≤ 0,025 | 1,20–1,50 | 3,00–3,40 | 0,35–0,45 | 0,10–0,20 | ≤ 0,25 | | | | | | | | | | |
| ¹ По заказу потребителя сталь может изготавливаться с массовой долей Мо — 0,20–0,30%. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Допускается легирование Ti до 0,08%, В до 0,005% и У до 0,006%. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля N в кислородно-конверторной стали не должна превышать для тонколистового проката и ленты 0,006%, для остальных видов проката — 0,008%. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | — | — | Свыше 5 | Не определяются | | | | — | ≤ 269 | | | | | | | | | |
| | Закалка | 850 | Масло | До 80 | 1080 | 1180 | 12 | 50 | 78 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 1080 | 1180 | 10 | 45 | 70 | — | — | | | | | | | | |
| | Отпуск | 600 | Воздух | Свыше 150 | 1080 | 1180 | 9 | 40 | 66 | — | — | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 ОСТ 108.958.04–85 | Закалка | 840–860 | Масло | 100–300 | 785 | 930 | 11 | 35 | 49 | 293–331 | 785 | | | | | | | | |
| | Отпуск | 580–640 | Воздух | 300–500 | 785 | 930 | 10 | 30 | 39 | | 785 | | | | | | | | |
| | Нормализация | | | | До 100 | 785 | 930 | 12 | 40 | 59 | 293–331 | 785 | | | | | | | |
| | Закалка | 840–860 | Масло | 500–800 | 735 | 880 | — | — | — | 277–321 | 735 | | | | | | | | |
| | Отпуск | 580–640 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Нормализация | | | | 100–300 | 735 | 880 | 12 | 35 | 49 | 277–321 | 735 | | | | | | | |
| | Закалка | 840–860 | Масло | 500–800 | 685 | 835 | 10 | 30 | 39 | 262–311 | 685 | | | | | | | | |
| | Отпуск | 580–640 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Нормализация | | | | 100–300 | 685 | 835 | 12 | 38 | 49 | 262–311 | 685 | | | | | | | |
| | | | | | 300–500 | 685 | 835 | 11 | 33 | 39 | | 685 | | | | | | | |
| Закалка | 840–860 | Масло | 500–800 | 640 | 785 | 10 | 30 | 39 | 248–293 | 640 | | | | | | | | | |
| Отпуск | 580–640 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее или в пределах | | | | | | |
| ГОСТ 23304–78 | Закалка | 850–880 | Масло или вода | До 200 | Болты и шпильки | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 20 | 686–853 | 784 | 15 | 40 | 59 | 241–311 | 685 | | | | | | | |
| | | | | | 350 | 539 | — | — | — | — | — | — | | | | | | | |
| | | | | | 20 | 784–951 | 882 | 14 | 40 | 59 | 262–331 | 785 | | | | | | | |
| | | | | | 350 | 637 | — | — | — | — | — | — | | | | | | | |
| | | | | | 20 | 882–1078 | 980 | 11 | 35 | 59 | 277–352 | 880 | | | | | | | |
| | Отпуск | 600–680 | Воздух | До 200 | 350 | 735 | — | — | — | — | — | — | | | | | | | |
| | | | | | Гайки, плоские подкладные шайбы, выпуклые и вогнутые сферические шайбы | | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 850–880 | Масло или вода | До 200 | 20 | 637–804 | 686 | 15 | 40 | 59 | 229–277 | 640 | | | | | | | |
| | | | | | 350 | 490 | — | — | — | — | — | | | | | | | | |
| Отпуск | 620–695 | Воздух | До 200 | 20 | 686–853 | 784 | 14 | 40 | 59 | 241–311 | 685 | | | | | | | | |
| | | | | 350 | 539 | — | — | — | — | — | | | | | | | | | |
| Закалка | 850–880 | Масло или вода | До 200 | 20 | 784–951 | 882 | 14 | 40 | 59 | 262–331 | 785 | | | | | | | | |
| | | | | 350 | 637 | — | — | — | — | — | | | | | | | | | |
| Отпуск | 600–680 | Воздух | До 200 | 20 | 882–1078 | 980 | 11 | 35 | 59 | 277–352 | 880 | | | | | | | | |
| | | | | 350 | 735 | — | — | — | — | — | | | | | | | | | |

38ХНЗМФА

Механические свойства

Примечания.

1. Для гаек групп качества 0 и 0а среднее арифметическое значение ударной вязкости должно быть не менее 59 Дж/см², при этом на одном образце минимальное значение KCV — 41 Дж/см². При испытании на тангенциальных образцах допускается снижение значений KCV на 25%.

2. Критическая температура хрупкости T_k на образцах типа 11 по ГОСТ 9454–78 для болтов и шпилек групп качества 0 и 0а должна быть не выше минус 10°С. Критическая температура хрупкости — температура перехода материала от хрупкого разрушения отрывом к вязкому разрушению сдвигом.

3. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для σ_{0,2}, σ_в, δ, ψ, KCV соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%.

4. Режимы отпуска и старения являются рекомендуемыми и могут назначаться по согласованию с головной материалovedческой организацией. Режимы закалки, нормализации и аустенитизации могут уточняться по согласованию с головной материалovedческой организацией.

5. Допускается в качестве закалочных сред применение водных растворов полимерных соединений.

6. При массовой доле вольфрама более 0,07% допускается увеличение максимальной температуры закалки до 910°С.

7. На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футорки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.

8. Для крепежных деталей групп качества 0, 0а и 1 производить дополнительно определение ударной вязкости KCV на образцах типа 11 по ГОСТ 9454–78.

9. В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин.

Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более.

Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3а контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.

10. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 685, КП 785, КП 880; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 640, КП 685; для сферических шайб выпуклых — с КП 640, КП 685; для сферических шайб вогнутых — с КП 785.

11. Ультразвуковой контроль (УЗК) проводят на заготовках, прошедших окончательную термическую обработку. При проведении повторной полной термической обработки заготовок должен проводиться повторный УЗК. Для деталей, подвергаемых химико-термической обработке, УЗК проводят до химико-термической обработки.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | НВ | КП |
|-----------------|----------------------|--------------------|--------------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---------|-----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14–1–5036–91 | Закалка Отпуск | 850–880 620–680 | Вода или масло Воздух | До 80 | 20 | 810–1080 | 980 | 11 | 35 | 59 | 277–351 | 890 |
| | | | | | 350 | 735 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | 20 | 785–950 | 880 | 14 | 40 | 59 | 262–332 | 785 |
| | | | | | 350 | 635 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | 20 | 685–850 | 785 | 15 | 40 | 59 | 241–311 | 685 |
| | | | | | 350 | 540 | — | — | — | — | — | — |

Примечания.

1. Критическая температура хрупкости, T_k, не выше плюс 40°С. (T_k подтверждают по требованию потребителя для проката размером свыше 16 мм.)

2. Ультразвуковой контроль проводят по ГОСТ 21120–75.

3. Неметаллические включения определяют по ГОСТ 1778–70 методом Ш4.

4. Контроль ударной вязкости проводят для проката размером свыше 16 мм на образцах типа I по п. 11 ГОСТ 9454–78.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | НВ | КП |
|------------------|----------------------|--------------------|--------------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---------|-----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.853–87 | Закалка Отпуск | 850–880 600–680 | Масло или вода Воздух | До 200 | 20 | 685–850 | 785 | 15 | 40 | 59 | 241–311 | 685 |
| | | | | | 350 | 540 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | 20 | 785–950 | 880 | 14 | 40 | 59 | 262–331 | 785 |
| | | | | | 350 | 640 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | 20 | 880–1080 | 980 | 11 | 35 | 59 | 277–352 | 880 |
| | | | | | 350 | 735 | — | — | — | — | — | — |

Примечания.

1. Для деталей, работающих при температуре не более 100°С, испытание механических свойств производится при температуре 20°С.

Для деталей, работающих при температуре более 100°С, но не более 350°С, испытание механических свойств производится при температурах 20°С и 350°С.

2. Значения механических свойств относятся к продольным образцам.

В случае испытания механических свойств на тангенциальных или радиальных образцах допускается снижение механических свойств от норм таблицы: при испытании на тангенциальных образцах: временного сопротивления разрыву (σ_в) и условного предела текучести (σ_{0,2}) — на 5% каждого; относительного удлинения (δ) и ударной вязкости (KCU) — на 25% каждого; относительного сужения (ψ) — на 20%; при испытании на радиальных образцах: временного сопротивления разрыву (σ_в) и условного предела текучести (σ_{0,2}) — на 10% каждого; относительного удлинения (δ) и относительного сужения (ψ) — на 35% каждого; ударной вязкости (KCU) — на 40%.

| 38ХНЗМФА | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------------------|--|--|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| 3. Для заготовок I, II, III групп твердость является сдаточной характеристикой. | | | | | | | | | | | |
| Для заготовок II и III групп с высокой твердостью (HRC ₃ ≥ 33,5), термообработанных с припуском по конфигурации детали и длинномерных заготовок (более 2-х метров) допускается определение механических свойств производить на одной заготовке или пробе с нормами твердости, находящимися в пределах заданной категории прочности для всех заготовок партии. | | | | | | | | | | | |
| 4. Для заготовок IV и V групп твердость не является сдаточной характеристикой, но заносится в сертификат. | | | | | | | | | | | |
| 5. Для деталей, на которые распространяются "Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок", производится 100% ультразвуковой контроль. | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.889-87 | Термообработанные | | | 250 | 883 ¹ | 1010 | 12 | 30 | 39 | — | — |
| | | | | 300 | 784 ¹ | 930 | 13 | 35 | 39 | — | — |
| | | | | 300 | 735 ¹ | 883 | 13 | 35 | 49 | — | — |
| | | | | 350 | 686 ¹ | 834 | 14 | 35 | 49 | — | — |
| | | | | 350 | 588 ¹ | 735 | 14 | 40 | 49 | — | — |
| | | | | 350 | 490 ¹ | 657 | 14 | 40 | 54 | — | — |
| ¹ Образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.13.32-88 | Закалка | | | 801-1100 | 590 | 735 | 10 | 30 | 39 | — | 235-277 |
| | Отпуск | | | 1101-1500 | 590 | 735 | 10 | 30 | 34 | — | 235-277 |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HB | Угол изгиба, град. |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.1029-81 | Закалка Отпуск | | | Валы и роторы | 638-834 | 804 | 14 | 40 | 59 | — | 150 |
| | | | | | 638-834 ¹ | 765 | 11 | 32 | 44 | — | 120 |
| | | | | | 667-834 | 834 | 14 | 40 | 59 | — | 150 |
| | | | | | 667-834 ¹ | 834 | 10 | 30 | 44 | — | 120 |
| ¹ Образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Крепеж (болты, шпильки, гайки, плоские подкладные, выпуклые и вогнутые сферические шайбы). Крышки реактора, валы и роторы паровых турбин и другие особо ответственные тяжело нагруженные детали, детали компрессорных машин. | | | | | | | | | | | |
| Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1, 4] | | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C [1, 4] | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | - 20 | - 40 | - 60 | | | | |
| 412 | — | 5·10 ⁶ | Закалка. Высокий отпуск. σ _{0,2} = 1030 Н/мм ² | 90 | 85 | 78 | 70 | Закалка 850°C, масло. Отпуск 600°C, воздух | | | |
| 500 | — | 2·10 ⁷ | Закалка 870°C, 1 ч, масло. Отпуск 700-720°C, 2 ч, σ _в = 980 Н/мм ² | 83 | 71 | 63 | 57 | Закалка 850°C, масло. Отпуск 550°C, воздух | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка Отпуск | | | Образцы | 100 | 1130 | 1260 | 13 | 53 | — | — |
| | | | | | 200 | 1080 | 1210 | 13 | 54 | — | — |
| | | | | | 300 | 1060 | 1180 | 15 | 59 | — | — |
| | | | | | 400 | 980 | 1080 | 17 | 65 | — | — |
| | | | | | 500 | 830 | 880 | 19 | 75 | — | — |
| | | | | | 600 | 520 | 590 | 26 | 87 | — | — |
| | | | | | 700 | 170 | 200 | 80 | 98 | — | — |
| | | | | | 800 | 88 | 98 | 58 | 98 | — | — |

38ХНЗМФА

Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{отп.} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 850 | Масло | Образцы | 200 | 1590 | 1800 | 11 | 43 | 60 | 51 |
| | | | | | 300 | 1470 | 1680 | 9 | 46 | 40 | 47 |
| | | | | | 400 | 1400 | 1540 | 10 | 45 | 48 | 45 |
| | | | | | 500 | 1290 | 1370 | 11 | 45 | 59 | 43 |
| | | | | | 600 | 1130 | 1200 | 14 | 55 | 88 | 38 |

Механические свойства прутков в зависимости от сечения

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HB |
|-----|----------------------|-------|--------------------|------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| [4] | Закалка Отпуск | 850 | Масло | 30 ² | 1250 | 1330 | 13 | 52 | 70 | — |
| | | | | 50 ² | 1210 | 1300 | 13 | 52 | 73 | — |
| | | | | 200 ² | 1070 | 1150 | 13 | 40 | 80 | — |
| | | | | 200 ³ | 1210 | 1260 | 12 | 49 | 70 | — |
| | Закалка Отпуск | 850 | Через воду в масло | 80 ² | 1130 | 1190 | 14 | 52 | 84 | — |
| | | | | 120 ² | 1110 | 1170 | 14 | 52 | 93 | — |
| | | | | 160 ² | 1150 | 1200 | 13 | 50 | 88 | — |
| | | | | 160 ³ | 1160 | 1220 | 15 | 50 | 75 | — |
| | | | | 240 ² | 1070 | 1130 | 13 | 50 | 85 | — |
| | | | | 240 ³ | 1070 | 1210 | 14 | 53 | 78 | — |

² Центр.³ Поверхность.

| Количество мартенсита, % | Критическая твердость HRC | Критический диаметр, мм, при закалке (840°C) [4] | | | |
|--------------------------|---------------------------|--|---------|-----------|------------|
| | | В воде | В масле | В селитре | На воздухе |
| — | 56–59 | — | 150 | — | — |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–780 | До 100 | В яме | До 100 | В яме |
| Заготовка | 1180–780 | > 100 | Отжиг низкотемпературный | > 100 | Отжиг низкотемпературный |

Прокаливаемость [4]

| Прокаливаемость [4] | | | | | | | | Термообработка |
|-------------------------|------|----|------|----|----|------|----|----------------|
| Расстояние от торца, мм | 3 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 70 | — |
| HRC | 50,5 | 50 | 49,5 | 49 | 49 | 48,5 | 48 | |

Свариваемость

Обрабатываемость резанием

Флокеночувствительность

| | | |
|--|--|----------------------------------|
| Не применяется для сварных конструкций | В закаленном и отпущенном состоянии при ≤ 331 HB и σ _в = 835 Н/мм ² K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | Повышенно чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|-------------------|--|--------------------------------------|---|-----------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 26ХНЗМ2ФА | | Поковки — ТУ 108.1343–85, ТУ 108.11.889–87. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.1343–85 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,25–0,30 | ≤ 0,10 | 0,30–0,60 | ≤ 0,015 | ≤ 0,015 | 1,30–1,70 | 3,40–3,80 | 0,50–0,70 | 0,12–0,18 | ≤ 0,20 | 725 | 800 | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ТУ 108.1343–85 | Термообработанные | | | Роторы без канала | 588,4–755,1 ² | 706,1 | 15 | 40 | 78,45 | 120 | — | | |
| | | | | | 588,4–755,1 ¹ | 706,1 | 15 | 40 | 78,45 | 150 | — | | |
| | | | | Роторы с каналом | 764,9–902,2 ² | 833,6 | 14 | 40 | 49 | 120 | — | | |
| | | | | | 764,9–902,2 ¹ | 833,6 | 14 | 40 | 58,8 | 120 | — | | |
| Без термообработки | — | — | | 539,4–755,1 ¹ | 637,4 | 14 | 35 | 58,8 | 120 | — | | | |
| ТУ 108.11.889–87 | Термообработанные | | | 250 | 883 ² | 1010 | 12 | 30 | 39 | — | | | |
| | | | | 300 | 784 ² | 930 | 13 | 35 | 39 | — | | | |
| | | | | 300 | 735 ² | 883 | 13 | 35 | 49 | — | | | |
| | | | | 350 | 686 ² | 834 | 14 | 35 | 49 | — | | | |
| | | | | 350 | 588 ² | 735 | 14 | 40 | 49 | — | | | |
| | | | | 350 | 490 ² | 657 | 14 | 40 | 54 | — | | | |
| ¹ Образцы продольные. | | | | | | | | | | | | | |
| ² Образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Заготовки цельнокованых роторов, кованые заготовки для комплектующих деталей к роторам турбогенераторов. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | |
| — | — | — | | | | — | — | — | — | — | — | — | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | 1200–850 | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. Требуется подогрев и последующая термообработка. | | | | В термообработанном состоянии при ≤ 269 НВ и σ _в = 850 Н/мм ² K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Мало склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|--|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|--------------------|--------------------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| 30ХНЗМ2ФА | | Поковки — ОСТ 108.961.05–80, ТУ 108.1028–81. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.961.05–80 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,26–0,32 | 0,17–0,37 | 0,20–0,50 | ≤ 0,022 | ≤ 0,025 | 1,20–1,70 | 3,00–3,50 | 0,40–0,65 | 0,10–0,20 | ≤ 0,25 | 725 | 800 | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Угол изгиба, град | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ОСТ 108.961.05–80 | Закалка | | | Роторы, диски | 687–834 ¹ | 834 | 12 | 35 | 59 | 120 | — | | |
| | Отпуск | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.1028–81 | Закалка | 850–870 | Масло | Диски до 500 | 664–833 ¹ | 815 | 12 | 40 | 49 | 120 | 277–321 | | |
| | Отпуск | 580–650 | Печь или воздух | | | | | | | | | | |
| ¹ Образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Роторы и диски паровых и газовых турбин. | | | | | | | | | | | | | |
| Прокаливаемость | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| Термообработка | Твердость HRC | Расстояние от охлаждаемого торца, мм | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | |
| Закалка на воду | 50,5 | 200 | 50 | — | — | 30 | — | — | Закалка 850–870°С. Отпуск 580–650°С. | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | | | | | | | | | | Замедленное до 150°С с последующим отпуском | | | |
| Заготовка | 1200–900 | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | В состоянии закалки и отпуска при ≤ 269 НВ и σ _в = 850 Н/мм ² K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Сильно чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | | Мало склонна | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--|---------|---------|-----------|-----------|----|-----------|---|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 20ХН4ФА | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,17–0,24 | 0,17–0,37 | 0,25–0,55 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,70–1,10 | 3,75–4,15 | — | 0,10–0,18 | — | ≤ 0,30 | 710 | 750 | — | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
|--------------|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг или отпуск | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 269 | | | | | |
| | Закалка Отпуск | 835–865 580–680 | Масло Вода | До 80 | 685 | 880 | 12 | 50 | 98 | — | — | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 685 | 880 | 10 | 45 | 88 | — | — | | | | | |
| Свыше 150 | 685 | 880 | 9 | 40 | 83 | — | — | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 870 | Вода | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 200 | Масло | | 1200 | 1500 | 12 | 58 | 90 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 400 | Масло | — | 1150 | 1300 | 13 | 62 | 90 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 600 | Масло | | 990 | 1040 | 16 | 65 | 120 | — | — | | | | | |

Назначение. Клапаны впуска, болты, шпильки и другие ответственные детали, работающие в коррозионной среде при повышенных температурах (300–400°С). Детали большой вязкости и прокаливаемости (для дизелестроения).

| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Состояние стали | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|---|---|------|------|------|------|---|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 50 | – 80 | |
| 480 | — | 10 ⁶ | 980 | 1020 | 100 | — | 60 | — | 80 | 71 | Закалка 870°С, вода. Отпуск 200°С, масло |
| 500 | — | 10 ⁶ | 1030 | 1070 | 110 | — | 79 | — | 72 | 63 | Закалка 870°С, вода. Отпуск 400°С, масло |
| | | | | | 116 | — | 82 | — | 70 | 60 | Закалка 870°С, вода. Отпуск 600°С, масло |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | | | | Более 40 | Замедленное |
| Заготовка | 1200–800 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|---|
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | В нормализованном и отпущенном состоянии при 256 HB и $\sigma_b = 880$ Н/мм ² K _v = 0,72 (твердый сплав), K _v = 0,63 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|--|-------------------|-------------------------|--------|---------|--------|------------------|
| 10X2M (48ГН-1), 10X2M-ВД | | Лист — ГОСТ 5520-79, ТУ 14-1-1093-74, ТУ 14-1-3409-82, ТУ 108.11.934-87. Поковки — ТУ 108.11.934-87. Трубы — ТУ 14-1-1260-84, ТУ 14-3-350-75, ТУ 14-3-756-78, ТУ 14-3-866-79. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | | НД |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | As | Cu | Al | N | Ti | |
| 0,08-0,12 | 0,17-0,37 | 0,40-0,70 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 2,00-2,50 | ≤ 0,30 | 0,60-0,80 | ≤ 0,08 | ≤ 0,20 | ≤ 0,02 | ≤ 0,008 | ≤ 0,03 | ГОСТ 5520-79 |
| 0,08-0,12 | 0,17-0,37 | 0,40-0,70 | ≤ 0,015 | ≤ 0,015 | 2,00-2,50 | ≤ 0,25 | 0,60-0,80 | — | ≤ 0,25 | — | — | ≤ 0,10 | ТУ 14-3-866-79 |
| 0,08-0,12 | 0,17-0,37 | 0,40-0,70 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 2,00-2,50 | ≤ 0,30 | 0,60-0,80 | — | ≤ 0,25 | — | — | ≤ 0,10 | ТУ 108.11.934-87 |
| Допускаются следующие отклонения по химическому составу: | | | | | | | | | | | | | |
| Предельное отклонение в готовом прокате, % | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | As | Cu | Al | N | Ti | НД |
| ±0,01 | ±0,02 | ±0,02 | +0,005 | +0,005 | ±0,05 | — | ±0,02 | — | — | — | — | — | ГОСТ 5520-79 |
| ±0,01 | — | -0,10 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ТУ 14-3-866-79 |
| ±0,01 | +0,05 -0,02 | ±0,10 ¹ | — | — | ±0,10 | +0,10 | ±0,05 | — | +0,10 | — | — | — | ТУ 108.11.934-87 |
| ¹ При выплавке методом ВДП, ±0,05% при выплавке остальными методами. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5520-79 | В термически обработанном состоянии | | | 8-50 | 295 | 390-590 450-590 ¹ | 20 | — | 98 | — | — | | |
| ¹ Значения верхнего предела σ _в для листов толщиной 50 мм устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем. | | | | | | | | | | | | | |
| Листы изготовляют на станах листовой или порулонной прокатки с последующей порезкой на листы в соответствии с требованиями настоящего стандарта. Назначение и условия применения листов, предназначенных для объектов котлонадзора, регламентируются правилами, установленными органами Госгортехнадзора РФ. | | | | | | | | | | | | | |
| В зависимости от нормируемых механических свойств листы изготовляют по категориям. Категория устанавливается потребителем. При отсутствии указаний категория устанавливается предприятием-изготовителем. | | | | | | | | | | | | | |
| Пределы текучести, длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Предел текучести σ _{0,2} , Н/мм ² | Предел текучести ¹ σ _{0,2} , Н/мм ² | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | |
| | | не менее | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | | |
| ГОСТ 5520-79 | 200 | — | 225 | — | — | — | — | — | — | | | | |
| | 250 | 225 | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| | 300 | 216 | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| | 350 | 206 | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| | 400 | 196 | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| | 450 | 186 | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| | 470 | — | — | 242 | 168 | 149 | 204 | 117 | | | | | |
| | 480 | — | — | 223 | 149 | 132 | 184 | 106 | | | | | |
| | 490 | — | — | 204 | 132 | 116 | 165 | 97 | | | | | |
| | 500 | — | 171,5 | 186 | 118 | 102 | 147 | 87 | | | | | |
| | 510 | — | — | 169 | 105 | 91 | 128 | 78 | | | | | |
| | 520 | — | — | 153 | 93 | 80 | 112 | 70 | | | | | |
| | 530 | — | — | 137 | 82 | 71 | 97 | 62 | | | | | |
| | 540 | — | — | 124 | 73 | 62 | 83 | 54 | | | | | |
| | 550 | — | — | 108 | 63 | 53 | 71 | 46 | | | | | |
| 560 | — | — | 94 | 53 | 45 | 61 | 40 | | | | | | |
| 570 | — | — | 82 | 46 | 38 | 53 | 34 | | | | | | |
| ¹ Применяется в договорно-правовых отношениях. Указанные значения длительной прочности и ползучести являются средними. | | | | | | | | | | | | | |

| 10X2M (48ГН–1), 10X2M–ВД | | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|---------|-------------------|---|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14–1–3409–82 | В термически обработанном состоянии | | | Листы 6–50× 1200–1700× 4000–7400 | 20 | 294 | 392–588 | 20 | — | 98 | — | — |
| | Нормализация | 960–980 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 720–750 | Воздух | | 450 | 245 | 294 | 15 | — | — | — | — |

Примечания.

- Макроструктура листов из стали 10X2M определяется на листах толщиной 10 мм и более.
- Все листы толщиной 10 мм и более подвергаются УЗК в соответствии с ГОСТ 22727–88.
- Без примечания 4 к таблице 2 ТУ 14–1–3409–82 (Примечание 12 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|----------------|--|-------|-------------------|--|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14–3–866–79 | Термически обработанные трубы бесшовные холоднодеформированные из стали марки 10X2M–ВД | | | φ _н 12–33 толщина стенки 2,00 2,50 и 3,00 | 20 | 245 | 392 | 20 | — | — | — | — |
| | | | | | 450 | 196 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | 510 | 196 | — | — | — | — | — | |

Трубы должны изготавливаться мерной длины, но не более 8000 мм, трубы размерами 16 × 2,5 и 25 × 2,5 мм — до 16000 мм. При этом допускается поставка до 27% труб от заказчика немерной длины, но не короче 3000 мм.

Примечания.

- Каждая труба должна подвергаться контролю УЗК.
- Трубы должны выдерживать без образования течи испытательное гидравлическое давление Р по ГОСТ 3845–75.
- Загрязненность неметаллическими включениями металла трубной заготовки по максимальному баллу шкалы ГОСТ 1778–70 не должна превышать норм таблицы 4 ТУ 14–3–866–79.
- Трубы должны испытываться в состоянии поставки на сплющивание по ГОСТ 8695–75 до получения между сплющиваемыми плоскостями расстояния Н в мм.

$$H \text{ определяется по формуле: } H = \frac{1,080 \times T}{0,08 + T/D},$$

где Т — номинальная толщина стенки трубы, мм; D — номинальный наружный диаметр основной трубы, мм.

- Трубы должны выдерживать испытание на раздачу по ГОСТ 8694–75 до увеличения наружного диаметра на 10% от первоначального диаметра оправки с конусностью не менее 1:10.
- С проведением гидравлических испытаний согласно требованиям настоящих Правил (Примечание 14 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Т _{к*} , °C | КП |
|------------------|---|-------|-------------------|--------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|----------------------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.934–87 | Термически обработанные поковки и листы | | | Листы 50–150× | 20 | 195 | 345 | 20 | 55 | 78,5 | 30 | 195 |
| | | | | | 20 | 275 | 390 | 18 | 50 | 78,5 | 30 | 275 |
| | | | | 1800–3000× | 450 | 175 | 295 | 15 | 50 | — | — | — |
| | | | | | 450 | 245 | 345 | 15 | 45 | — | — | — |
| | | | | Поковки 100–300 | 510 | 140 | 255 | 16 | 61 | — | — | — |
| | | | | | 510 | 215 | 295 | 16 | 61 | — | — | — |

Примечания.

- Для заготовок III–V групп, подведомственных Госатомнадзору России, производится подтверждение критической температуры хрупкости, а для поковок трубных досок из стали марки 10X2M–ВД — определение критической температуры хрупкости, при этом ее значения заносятся в сертификат.
- Заготовки должны подвергаться УЗК после основной термообработки в соответствии с ГОСТ 22727–88.
- Величина неметаллических включений определяется по ГОСТ 1778–70.
- Определение механических свойств при температуре испытания 20°C и при повышенной температуре испытания.
- Контроль макроструктуры.

Назначение. Корпусные детали и трубопроводы парогенераторов, работающие при температуре до 450°C.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 510°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

| 10X2M (48ГН-1), 10X2М-ВД | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------------|---|--|---|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------|-------------------------|----|---|
| Механические свойства в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [2] | ПС | | | Лист Толщина 16–150 | 20 | 265–480 | 451–598 | 24–35 | 74–75 | — | — | |
| | | | | | 100 | 461 | 568 | 21 | 74 | — | — | |
| | | | | | 200 | 274–441 | 402–549 | 19–24 | 72–74 | — | — | |
| | | | | | 300 | 294–451 | 421–559 | 18–22 | 69–70 | — | — | |
| | | | | | 400 | 274–431 | 421–539 | 18–21 | 69–65 | — | — | |
| | | | | | 500 | 255–402 | 363–470 | 18–24 | 76–72 | — | — | |
| | | | | | 600 | 323–343 | 343–343 | 21–30 | 86–89 | — | — | |
| | | | | 700 | 186 | 196 | 28 | 93 | — | — | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [10] | Нормализация Отпуск | 950–1050 700–750 | Воздух Воздух | Листы | 20 | 284 | 392 | 20 | — | 98 | — | |
| | | | | Толщина | 450 | 245 | 275 | — | — | — | — | — |
| | | | | 5–50 | 550 | 176 | — | — | — | — | — | — |
| | | Листы и поковки | 20 | 245 | 392 | 20 | — | 98 | — | — | | |
| | | Толщина | 450 | 196 | 265 | — | — | — | — | — | | |
| | | 51–400 | 550 | 163 | — | — | — | — | — | — | | |
| | | Трубы | 20 | 245 | 392 | 20 | — | 98 | — | — | | |
| | | | 450 | 196 | 245 | — | — | — | — | — | | |
| | | | 550 | 163 | — | — | — | — | — | — | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Температура критических точек, °C [14] | | | | | Жаростойкость [9] | | | | | | | |
| Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ | Среда | t, °C | Скорость окисления, мм/год | Группа стойкости | | | | |
| 780–790 | 870–900 | — | — | 365–380 | Перегретый пар Сl' — следы O ₂ — до 0,1 мг/л | 500 (v = 5 м/сек) | 0,7 | Малостойкая | | | | |
| ¹ Температура нагрева 975–980°C. | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [10] | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | Тип оборудования | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | | Скорость коррозии, мм/год | | | | |
| Общая | Парогенератор | | Питательная вода с примесями O ₂ — 0,04 мг/кг и хлоридов — 0,03 мг/кг. Давление 13 Н/мм ² | | 300–350 | — | | 0,001–0,003 | | | | |
| | Труба экономайзерной и переходной зоны парогенератора | | Питательная вода с примесями O ₂ — 0,05 мг/кг | | — | 20000 | | 0,06 | | | | |
| Технологические характеристики [7] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1200–850 | До 200 | | Отжиг низкотемпературный | | До 200 | | На воздухе | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | 201–700 | | Отжиг низкотемпературный | | 201–700 | | Отжиг низкотемпературный | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. Сварку деталей толщиной до 12 мм допускается проводить без подогрева и ограничения времени до отпуска | | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при $\sigma_b = 490$ Н/мм ² K _v = 1,5 (твердый сплав), K _v = 1,4 (быстрорежущая сталь) | | | | Слабо чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | |

| | |
|--|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 12Х2МФА (48ТС-2), 12Х2МФА-А | Лист — ТУ 108.131-86. Поковки — ТУ 108.131-86. |

| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | НД | Марка стали |
|----------------------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|--------|-----------|--------|--------|-----------|---------------|------------------------|
| С | Si | Mn | S | P | Co | Cr | Ni | Mo | As | Cu | V | | |
| 0,11–0,16 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 2,00–2,50 | ≤ 0,40 | 0,60–0,80 | ≤ 0,04 | ≤ 0,30 | 0,25–0,35 | ТУ 108.131–86 | 12Х2МФА |
| 0,11–0,16 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,015 | ≤ 0,012 | ≤ 0,025 | 2,00–2,50 | ≤ 0,40 | 0,60–0,80 | ≤ 0,01 | ≤ 0,10 | 0,25–0,35 | ТУ 108.131–86 | 12Х2МФА-А ¹ |

¹ Sb ≤ 0,05%, Sn ≤ 0,05%.

В плавочном химическом анализе допускаются следующие отклонения: по С ± 0,01%; по Mn, Si и V ± 0,05% каждого; по Cr ± 0,10%.

В стали 12Х2МФА-А суммарное содержание P, Sb, Sn должно быть не более 0,015%. Производится дополнительное определение содержания Zn, Pb, Bi. Результаты определения не являются сдаточными, но заносятся в сертификат.

Механические свойства после испытаний

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | T _к , °С | НВ | КП |
|---------------|---|--------|-------------------|-------------|---------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---------------------|----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.131–86 | Поковки, листы (плиты), листовые заготовки, т/о на КП 390 | До 160 | 20 | 430 | 540–735 | 14 | 50 | 49 | 0 | 187–229 | — | | |
| | | | 350 | 390 | 490 | 14 | 50 | — | — | — | 390 | | |
| | Листовые штампованные заготовки, т/о на КП 390 | До 160 | 20 | 430 | 540–735 | 14 | 50 | 49 | 15 | 187–229 | — | | |
| | | | 350 | 390 | 490 | 14 | 50 | — | — | — | 390 | | |
| | Листовые штампованные заготовки, т/о на КП 490 | До 160 | 20 | 530 | 635–835 | 13 | 50 | 49 | 50 | 207–225 | — | | |
| | | | 350 | 490 | 550 | 12 | 45 | — | — | — | 490 | | |

В графе “Категория прочности” (КП) трехзначное число означает величину σ_{0,2} при температуре испытаний 350°С.

Габаритные размеры листов и плит: по толщине — от 60 до 300 мм; по ширине — не более 3200 мм; по длине — не более 10000 мм. Допускается изготовление листов и плит других габаритных размеров по согласованию с исполнителем.

Примечания.

1. Для деталей, работающих при температуре не более 100°С, испытание производится при температуре 20°С.

Для деталей, работающих при температурах более 100°С и не более 350°С, горячие испытания производятся при температуре 350°С.

2. Определение ударной вязкости при температуре 20°С производится в случае отсутствия требований по критической температуре хрупкости.

3. При индивидуальном определении механических свойств твердость не является сдаточной характеристикой.

12Х2МФА (48ТС–2), 12Х2МФА–А

4. В случае определения механических свойств поковок на тангенциальных образцах (кроме поковок типа раскатных колец) и радиальных образцах допускается снижение механических свойств в соответствии с ГОСТ 8479–70. В случае определения механических свойств листов (плит) на вертикальных образцах (ось которых перпендикулярна плоскости проката) допускается снижение механических свойств по сравнению с таблицей: по временному сопротивлению разрыву и по условному пределу текучести на 10% каждого; по относительному удлинению и относительному сужению на 35% каждого; по ударной вязкости на 40%.

5. Для заготовок, на которые распространяются "Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов АЭУ" производится подтверждение критической температуры хрупкости, при этом значения критической температуры хрупкости для заготовок сечением 450 мм и менее указаны в настоящей таблице, а для заготовок сечением более 450 мм значение критической температуры хрупкости не более 50°C.

Заготовки сечением более 450 мм с категорией прочности КП 390 не должны применяться для изготовления обечаек активной зоны.

6. Для обечаек активной зоны производится определение критической температуры хрупкости (T_k), значение которой должно быть не выше 0°C, при этом в технических требованиях конструкторской документации к обозначению категории прочности добавляется буква "К".

При получении отклонений по критической температуре хрупкости производится расчетное обоснование хрупкой прочности в подтверждение надежности и заданного ресурса работы с учетом фактических значений критической температуры хрупкости и химического состава металла.

Расчетное обоснование согласовывается в установленном порядке.

7. Дополнительно от фланца готового корпуса ВВЭР–440 производится проверка механических свойств на растяжение при температурах 20°C и 350°C и ударную вязкость KCV при 20°C от трепанов, взятых в районе резьбовых отверстий согласно схеме конструкторской документации. Результаты испытаний не являются сдаточными, но заносятся в сертификат.

Назначение. Корпус реактора, днища корпуса реактора, свариваемые детали с использованием специальных технологических приемов и другие детали, работающие при температуре до 350°C.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

Технологические характеристики [9]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1220–850 | ПС | | | |
| Заготовка | 1220–850 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и ЭШ. Требуются предварительный подогрев и последующая термообработка | В нормализованном и отпущенном состоянии при $\sigma_n \leq 585 \text{ Н/мм}^2$ $K_v = 1,1$ (твердый сплав), $K_v = 0,8$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| | |
|---|--|
| Марка стали | Вид поставки Поковки — ТУ 108.11.906–87, ТУ 108.131–86. Лист — ТУ 108.11.906–87. |
| 15X2МФА (ТС–3–40), 15X2МФА–А | |

| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | НД | Марка стали |
|----------------------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|--------|-----------|--------|--------|-----------|---------------|--------------------------|
| С | Si | Mn | S | P | Co | Cr | Ni | Mo | As | Cu | V | | |
| 0,13–0,18 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 2,50–3,00 | ≤ 0,40 | 0,60–0,80 | ≤ 0,04 | ≤ 0,10 | 0,25–0,35 | ТУ 108.131–86 | 15X2МФА ¹ |
| 0,13–0,18 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,015 | ≤ 0,012 | ≤ 0,025 | 2,50–3,00 | ≤ 0,40 | 0,60–0,80 | ≤ 0,01 | ≤ 0,10 | 0,25–0,35 | ТУ 108.131–86 | 15X2МФА–А ^{1,2} |

¹ Допускаемые отклонения по химическому составу: С ± 0,01%, Mn, Si, V ± 0,05 каждого, Cr ± 0,10.

² Sb ≤ 0,005, Sn ≤ 0,005.

В стали 15X2МФА–А суммарное содержание P + Sb + Sn должно быть не более 0,015%. Для стали 15X2МФА–А дополнительно производится определение содержания Zn, Pb, Bi. Результаты определения не являются сдаточными, но заносятся в сертификат. Также дополнительно производится определение W и B, содержание которых должно быть: W ≤ 0,30%, B ≤ 0,003%. Для экспортных поставок содержание этих элементов является сдаточным.

| Механические свойства | | | | | | | | | | НД | НВ |
|-----------------------|----------------------|-------|-------------------|------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.906–87 | Листовые заготовки | | | По ТУ 108.131–86 | | | | | | | |

Примечания.

- Листы из стали марки 15X2МФА, предназначенные для вырезки листовых заготовок, должны изготавливаться в соответствии с ТУ 108.131–86 и настоящих ТУ.
- Вырезка листовых заготовок должна производиться по технической документации изготовителя.
- Шлак и грат с поверхности реза заготовок должны быть удалены.
- Расслоения и трещины на кромках заготовок не допускаются.
- Листовые заготовки, предназначенные под электрошлаковую сварку должны поставляться после предварительной термообработки — нормализации с отпуском.
- Цельные листовые заготовки под штамповку, не предназначенные под ЭШС, должны поставляться потребителю после предварительной термообработки.
- Листовые заготовки из стали марки 15X2МФА разрешается поставлять потребителю без предварительного определения нормируемых показателей по ТУ на исходные листы при условии, что изготовитель гарантирует получение свойств в соответствии с требованиями ТУ на исходный лист.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | T _к , °C | НВ |
|---------------|--|------------------|-------------------|-------------|---------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.131–86 | Поковки, листы (плиты), листовые заготовки. Термообработка на КП 390 | Свыше 60 до 400 | 20 | 430 | 540–735 | 14 | 50 | 49 | 0 | 187–229 | | |
| | | | 350 | 390 | 490 | 14 | 50 | — | — | | | |
| | Листовые штампованные заготовки. Термообработка на КП 390 | Свыше 400 до 650 | 20 | 430 | 540–735 | 14 | 50 | 49 | 15 | 187–229 | | |
| | | | 350 | 390 | 490 | 14 | 50 | — | — | | | |

Заготовки толщиной свыше 400 до 650 мм предназначены для изготовления фланца корпуса ВВЭР–440 (см. п. 7 примечаний).

Габаритные размеры листов и плит: по толщине — от 60 до 300 мм; по ширине — не более 3200 мм; по длине — не более 10000 мм.

Примечания.

- Для деталей, работающих при температуре не более 100°C, испытание производится при температуре 20°C. Для деталей, работающих при температурах более 100°C и не более 350°C, горячие испытания производятся при температуре 350°C.
 - Определение ударной вязкости при температуре 20°C производится в случае отсутствия требований по критической температуре хрупкости.
 - При индивидуальном определении механических свойств твердость не является сдаточной характеристикой.
 - В случае определения механических свойств поковок на тангенциальных образцах (кроме поковок типа раскатных колец) и радиальных образцах допускается снижение механических свойств в соответствии с ГОСТ 8479–70. В случае определения механических свойств листов (плит) на вертикальных образцах (ось которых перпендикулярна плоскости проката) допускается снижение механических свойств по сравнению с таблицей: по временному сопротивлению разрыву и по условному пределу текучести на 10% каждого; по относительному удлинению и относительному сужению на 35% каждого; по ударной вязкости на 40%.
 - Для заготовок, на которые распространяются "Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов АЭУ" производится подтверждение критической температуры хрупкости, при этом значения критической температуры хрупкости для заготовок сечением 450 мм и менее указаны в настоящей таблице, а для заготовок сечением более 450 мм значение критической температуры хрупкости не более 50°C.
- Заготовки сечением более 450 мм с категорией прочности КП 390 не должны применяться для изготовления обечайки активной зоны.

15X2МФА (ТС–3–40), 15X2МФА–А

Механические свойства

6. Для обечаек активной зоны производится определение критической температуры хрупкости (T_k), значение которой должно быть не выше 0°C , при этом в технических требованиях конструкторской документации к обозначению категории прочности добавляется буква "К".

При получении отклонений по критической температуре хрупкости производится расчетное обоснование хрупкой прочности в подтверждение надежности и заданного ресурса работы с учетом фактических значений критической температуры хрупкости и химического состава металла.

Расчетное обоснование согласовывается в установленном порядке.

7. Дополнительно от фланца готового корпуса ВВЭР–440 производится проверка механических свойств на растяжение при температурах 20°C и 350°C и ударную вязкость KCV при 20°C от трепанов, взятых в районе резьбовых отверстий согласно схеме конструкторской документации. Результаты испытаний не являются сдаточными, но заносятся в сертификат.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | T_k , °C | НВ |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [10] | Закалка | ПС | | ≤ 400 | 20 | Поковки, листы, плиты | | | | | | |
| | Отпуск | | | | | 431 | 568–735 | — | 50 | 79 | — | — |
| | Закалка | ПС | | 250 | 20 | 480 | 595 | 21 | 75 | 210 | – 10 | — |
| | | | | | 350 | 423 | 501 | 16 | 73 | 266 | — | — |
| | | | Отпуск | 550 | 20 | 436 | 563 | 23 | 76 | 330 | + 5 | — |
| | | | | | 350 | 388 | 486 | 16 | 73 | 320 | — | — |
| | | | Отпуск | 650 | 20 | 457 | 583 | 24 | 76 | 310 | 0 | — |
| | | | | | 350 | 398 | 488 | 20 | 71 | 300 | — | — |

Испытание на статический изгиб при различной температуре серии образцов (не менее 15 штук) размером $10 \times 10 \times 55$ мм с надрезом глубиной 2,0 мм, радиусом закругления в вершине надреза 0,2–0,3 мм и углом раскрытия 60° .

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | T_k , °C | НВ |
|------|---|------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [10] | Влияние технологических отпусков на механические свойства | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1000 | Масло | До 400 | 20 | 531 | 642 | 20 | 74 | 320 | – 10 | — |
| | Отпуск | 680, 15 ч | Воздух | | 350 | 462 | 543 | 17 | 75 | — | — | — |
| | Закалка | 1000 | Масло | | 20 | 518 | 629 | 23 | 78 | 247 | – 10 | — |
| | Отпуск | 680, 15 ч | Воздух | | 350 | 458 | 547 | 17 | 78 | — | — | — |
| | Отпуск | 660, 140 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1000 | Масло | | 20 | 472 | 599 | 25 | 80 | 363 | – 10 | — |
| | Отпуск | 680, 15 ч | Воздух | | 350 | 407 | 517 | 17,5 | 76 | — | — | — |
| | Отпуск | 660, 140 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 680, 140 ч | Воздух | | | | | | | | | |

| 15X2МФА (ТС-3-40), 15X2МФА-А | | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|---|--|---|-------------------|--|-------------------------|---|--------------------------------|--------------------|------------|------------------------------|----|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0.2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU_2 , Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | не менее или в пределах | | | | | | |
| [9] | В термически обработанном состоянии на соответствующее КП | | | До 300 | 20 | Гарантированные механические свойства стали 15X2МФА | | | | | | |
| 300 | | | | | | 400-600 | 15 | 55 | 80 | — | — | |
| 350 | | | | | | 250 | 350 | 14 | 55 | — | — | 250 |
| 20 | | | | | | 440 | 580-750 | 14 | 50 | 80 | — | — |
| 350 | | | | | | 400 | 500 | 14 | 50 | — | — | 400 |
| 20 | | | | | | 540 | 650-850 | 13 | 50 | 60 | — | — |
| 350 | 500 | 560 | 12 | 45 | — | — | 500 | | | | | |
| КП определяется значением предела текучести при температуре 350°C, выраженное в Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | |
| <p>Назначение. Днища корпуса реактора, корпус реактора, свариваемые детали с использованием специальных технологических приемов, другие детали толщиной до 400 мм, работающие при температуре до 350°C.</p> <p>Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ-7-008-89).</p> <p>Сталь теплоустойчивая перлитного класса.</p> | | | | | | | | | | | | |
| Пределы ползучести [8, 9] | | | | Влияние нагрева стали 15X2МФА на сопротивление хрупкому разрушению [9, 10] | | | | | | | | |
| t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | t выдержки, °C | Длительность нагрева, ч | Сдвиг критической температуры | | | | | | |
| | 1/10 ⁴ | 1/3·10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | | | | | | |
| 325 | 610 | — | — | 340 | 10000 | 0 | | | | | | |
| 325 | — | 550 | — | 400 | 10000 | 0 | | | | | | |
| 325 | — | — | 500 | | | | | | | | | |
| Испытания на длительную прочность и ползучесть стали 15X2МФА проводились при температуре 325°C на базе 2000 ч. В этих условиях зависимость времени до разрушения от уровня приложенных напряжений не проявляется. При напряжении, близком к σ_b , образцы либо разрушались в момент нагружения, либо не разрушались в течение выбранной базы. Предел ползучести определялся линейной экстраполяцией. | | | | Сталь 15X2МФА, применяемая для изготовления корпусов ВВЭР 1 и 2-го поколения, обладает высоким сопротивлением тепловому охрупчиванию при рабочей температуре и практически не чувствительна к отпускной хрупкости при охлаждении массивных полуфабрикатов (δ до 600 мм). | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [9] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1220-870 | ПС | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1220-870 | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и ЭШ. Требуются подогрев и последующая термообработка | | В нормализованном и отпущенном состоянии при $\sigma_n \leq 585$ Н/мм ² $K_v = 1,1$ (твердый сплав), $K_v = 0,8$ (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| | |
|--|--|
| Марка стали | Вид поставки |
| 18X2МФА (48ТС-3), 18X2МФА-А | Лист — ТУ 108.131-86. Поковки — ТУ 108.131-86. |

| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | НД | Марка стали | |
|----------------------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|--------|-----------|--------|--------|-----------|---------------|------------------------|
| C | Si | Mn | S | P | Co | Cr | Ni | Mo | As | Cu | | | V |
| 0,16–0,21 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 2,50–3,00 | ≤ 0,40 | 0,60–0,80 | ≤ 0,04 | ≤ 0,30 | 0,25–0,35 | ТУ 108.131-86 | 18X2МФА |
| 0,16–0,21 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,015 | ≤ 0,012 | ≤ 0,025 | 2,50–3,00 | ≤ 0,40 | 0,60–0,80 | ≤ 0,01 | ≤ 0,10 | 0,25–0,35 | ТУ 108.131-86 | 18X2МФА-А ¹ |

¹ Sb ≤ 0,05%, Sn ≤ 0,05%.

В плавочном химическом анализе допускаются следующие отклонения: по C ± 0,01%; по Mn, Si и V ± 0,05% каждого; по Cr ± 0,10%.

В стали 18X2МФА-А суммарное содержание P, Sb, Sn должно быть не более 0,015%. Производится дополнительное определение содержания Zn, Pb, Bi. Результаты определения не являются сдаточными, но заносятся в сертификат.

| Механические свойства после испытаний | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|------------------|-------------------|-------------|---------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---------------------|----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | T _K , °C | НВ | КП |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.131-86 | Поковки, листы (плиты), листовые заготовки, т/о на КП 390 | Свыше 160 до 400 | 20 | 430 | 540–735 | 14 | 50 | 49 | 0 | 187–229 | — | | |
| | | | 350 | 390 | 490 | 14 | 50 | — | — | — | 390 | | |
| | Листовые штампованные заготовки., т/о на КП 390 | Свыше 160 до 400 | 20 | 430 | 540–735 | 14 | 50 | 49 | 15 | 187–229 | — | | |
| | | | 350 | 390 | 490 | 14 | 50 | — | — | — | 390 | | |
| | Листовые штампованные заготовки, т/о на КП 490 | Свыше 160 до 400 | 20 | 530 | 635–835 | 13 | 50 | 49 | 50 | 207–225 | — | | |
| | | | 350 | 490 | 550 | 12 | 45 | — | — | — | 490 | | |

В графе “Категория прочности” (КП) трехзначное число означает величину σ_{0,2} при температуре испытаний 350°C.

Габаритные размеры листов и плит: по толщине — от 60 до 300 мм; по ширине — не более 3200 мм; по длине — не более 10000 мм. Допускается изготовление листов и плит других габаритных размеров по согласованию с исполнителем.

Примечания.

1. Для деталей, работающих при температуре не более 100°C, испытание производится при температуре 20°C.

Для деталей, работающих при температурах более 100°C и не более 350°C, горячие испытания производятся при температуре 350°C.

2. Определение ударной вязкости при температуре 20°C производится в случае отсутствия требований по критической температуре хрупкости.

3. При индивидуальном определении механических свойств твердость не является сдаточной характеристикой.

4. В случае определения механических свойств поковок на тангенциальных образцах (кроме поковок типа раскатных колец) и радиальных образцах допускается снижение механических свойств в соответствии с ГОСТ 8479-70. В случае определения механических свойств листов (плит) на вертикальных образцах (ось которых перпендикулярна плоскости проката) допускается снижение механических свойств по сравнению с таблицей: по временному сопротивлению разрыву и по условному пределу текучести на 10% каждого; по относительному удлинению и относительному сужению на 35% каждого; по ударной вязкости на 40%.

5. Для заготовок, на которые распространяются “Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов АЭУ” производится подтверждение критической температуры хрупкости, при этом значения критической температуры хрупкости для заготовок сечением 450 мм и менее указаны в настоящей таблице, а для заготовок сечением более 450 мм значение критической температуры хрупкости не более 50°C.

Заготовки сечением более 450 мм с категорией прочности КП 390 не должны применяться для изготовления обечаек активной зоны.

6. Для обечаек активной зоны производится определение критической температуры хрупкости (T_K), значение которой должно быть не выше 0°C, при этом в технических требованиях конструкторской документации к обозначению категории прочности добавляется буква “К”.

При получении отклонений по критической температуре хрупкости производится расчетное обоснование хрупкой прочности в подтверждение надежности и заданного ресурса работы с учетом фактических значений критической температуры хрупкости и химического состава металла.

Расчетное обоснование согласовывается в установленном порядке.

7. Дополнительно от фланца готового корпуса ВВЭР-440 производится проверка механических свойств на растяжение при температурах 20°C и 350°C и ударную вязкость KCV при 20°C от трепанов, взятых в районе резьбовых отверстий согласно схеме конструкторской документации. Результаты испытаний не являются сдаточными, но заносятся в сертификат.

| 18X2MФА (48ТС-3), 18X2MФА-А | | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------|-------|-------------------|-----------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [2] | Термообработка на КП 490 | | | До 400 | 20 | 530 | 640–830 | 13 | 50 | 59 | 207–255 | — |
| | | | | | 360 | 490 | 540 | 12 | 46 | 78 | — | 490 |

В графе “Категория прочности” (КП) трехзначное число означает предел текучести $\sigma_{0,2}$ при температуре испытания 360°C.

При необходимости сталь 18X2MФА может быть термически обработана на КП 245 и КП 390.

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ³ | 1/10 ⁴ |
| [2] | ПС | | | 450 | 363 | 294 | 332 | 238 |

Назначение. Крупные свариваемые детали с использованием специальных технологических приемов, днища корпуса реактора, баллоны и сосуды высоких давлений, работающие при температуре до 350°C.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

Технологические характеристики [9]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1220–850 | ПС | | | |
| Заготовка | 1220–850 | | | | |

| Свариваемость [2] | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность | Температура критических точек, °C [2] | | | |
|---|---|---|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, и ЭШ. Требуется предварительный подогрев и последующая термообработка | В нормализованном и отпущенном состоянии при $\sigma_{в} \leq 585$ Н/мм ² $K_v = 1,1$ (твердый сплав), $K_v = 0,8$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| | | Склонность к отпускной хрупкости | 827 | 915 | — | — |
| | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|-------------------|---|--------------------------------------|---|-----------|----------------------------------|-------------------------|------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 20Х2М | | Поковки и кованные заготовки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,18–0,24 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 2,10–2,50 | 0,30–0,70 | 0,25–0,35 | — | — | — | ≤ 0,30 | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 2400 4823–90 | Нормализация | 880–920 | Воздух | До 300 | 450 | 600 | 10 | 45 | 70 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух или печь | 300–900 | 400 | 600 | 12 | 30 | 70 | — | — | | | | |
| | Закалка | 880–920 | Масло | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | До 550 | 450 | 600 | 16 | 45 | 70 | — | — | | | | |
| Назначение. Крупные детали, изготавливаемые методом ЭШ, днища, обечайки, колонны гидропрессов, поковки для деталей, работающих под давлением. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | |
| — | — | — | | | | 70 | 70 | 50 | 40 | — | — | Закалка + отпуск | | | |
| | | | | | | 80 | 80 | 40 | 30 | — | — | Нормализация + отпуск | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | | — | | — | | — | | — | | | | | | | |
| Заготовка | | — | | — | | — | | — | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Хорошо свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | | | При σ _в = 600 Н/мм ² K _v = 1,5 (твердый сплав), K _v = 1,1 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Марка стали | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 25X2М1Ф (ЭИ 723) | Поковки — ГОСТ 8479-70. Крепежные детали — ГОСТ 20700-75. Сортовой прокат — ТУ 14-1-552-72, ТУ 14-1-5037-91. | | | | | | | | | | | | |

| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-5037-91 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
|--|-----------|-----------|---------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,22-0,29 | 0,17-0,37 | 0,40-0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 2,10-2,60 | ≤ 0,30 | 0,90-1,10 | 0,30-0,50 | ≤ 0,30 | 780 | 870 | 700 | 790 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
|--------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---------|-----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479-70 | Нормализация | ПС | | 100-300 | 490 | 655 | 16 | 45 | 59 | 212-248 | 490 |
| | Закалка | ПС | | | | | | | | | |
| | Отпуск | ПС | | 100-300 | 590 | 735 | 13 | 40 | 49 | 235-277 | 590 |
| | Нормализация | ПС | | | | | | | | | |
| | Закалка | ПС | | | | | | | | | |
| Отпуск | ПС | | До 100 | 685 | 835 | 13 | 42 | 59 | 262-311 | 685 | |
| Закалка | ПС | | | | | | | | | | |
| Отпуск | ПС | | 100-300 | 685 | 835 | 12 | 35 | 49 | 262-311 | 685 | |
| Отпуск | ПС | | | | | | | | | | |

Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы.

По механическим свойствам поковки, поставляемые после окончательной термической обработки, разделяются на категории прочности. Категории прочности, соответствующие им нормы механических свойств, определяемые при испытании на продольных образцах, и нормы твердости приведены в таблице.

Нормы твердости для поковок II и III групп и категории прочности для поковок IV и V групп устанавливаются по соглашению изготовителя с потребителем. Марка стали для всех групп устанавливается по соглашению изготовителя с потребителем и указывается на чертеже детали и поковки.

По требованию потребителя временное сопротивление должно быть выше указанной в таблице для заданной категории прочности, не более:

120 Н/мм² при требуемом σ_в менее 600 Н/мм²,

150 Н/мм² при требуемом σ_в 600-900 Н/мм²,

200 Н/мм² при требуемом σ_в более 900 Н/мм².

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
|---------------|----------------------|-------------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---------|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700-75 | Нормализация | 1030-1050 | Воздух | До 200 | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | | | | | |
| | | или 950-970 | | | 667-784 | 784 | 12 | 50 | 49 | 241-277 | 665 |
| | Отпуск | 680-700 | Воздух | | Гайки | | | | | | |
| | | | | | — | — | — | — | — | — | 197-229 |

Примечания.

1. Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°С.
3. Допускается выполнение комплектов «шпилька-гайка», «болт-гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.
4. Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.
5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше 10⁴/σ_в (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°С не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454-78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|---------------|----------------------|-------------|-------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| ГОСТ 20700-75 | Нормализация | 1030-1050 | Воздух | 500 | 330 | 250 | — | — |
| | | или 950-970 | | 525 | 270 | 200 | — | — |
| | Отпуск | 680-700 | Воздух | 540 | 160-220 | (140) | — | — |
| | | | | 550 | — | — | — | 70 |

В скобках даны экстраполированные значения.

25X2M1Ф (ЭИ 723)

Механические свойства

Релаксационная стойкость

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_t , Н/мм ² , за время t, ч | | | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² |
|----------------------|----------------------|----------------|-------------------|-------|-----------------------------------|--|------|------|------|------|---------|---------------------------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 8000 | 10000 | |
| ГОСТ 20700– 75 | Нормализация | 1030–1050 | Воздух | 500 | 300 | — | — | — | 175 | — | 165 | 780 |
| | | или 950–970 | | 500 | 350 | — | — | — | 200 | — | 170 | |
| | Отпуск | 680–700 | Воздух | 525 | 250 | 150 | 145 | 136 | 130 | 115 | 108 | |
| | | | | 525 | 300 | 197 | 170 | 160 | 155 | 135 | 100–130 | |
| | | | | 525 | 350 | 202 | 190 | 170 | 165 | 145 | 120–135 | |
| | | | | 550 | 250 | 130 | 110 | 105 | 100 | 73 | 43–67 | |
| | | | | 550 | 300 | 160 | 145 | 125 | 110 | 80 | 70 | |
| | | | | 550 | 350 | 177 | 160 | 140 | 125 | 85 | 75 | |

Назначение. Крепежные детали, работающие при температуре до 535°C, плоские пружины, болты, шпильки и другие детали паровых турбин АЭС.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1, 4] | | | | Термообработка | НД | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1, 4] | | | | | Термообработка | | |
|--|---------------|-------------|-------------------|--|--------|---|----|------------|------------|------------|----------------|--|---|
| t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | – 80 | |
| 20 | 461 | — | 1·10 ⁷ | Нормализация с 1050°C, 1 ч, воздух. Отпуск при 650°C, 6 ч, воздух | [1, 4] | 98– 225 | — | 88– 137 | 69– 137 | 59– 108 | — | Нормализация 1030–1050°C, нормализация 950–970°C, отпуск 650–660°C, 6 ч, воздух | |
| 500 | 353 | — | 3·10 ⁸ | | [5] | — | 90 | 90 | 70 | 60 | 40 | | — |
| 535 | 274 | — | 3·10 ⁸ | | | | | | | | | | |

| НД | t, °C | Предел выносливости при изгибе, Н/мм ² | | N | Термообработка | Примечание |
|-----|-------|---|--|-----------------------|--------------------------|--|
| | | σ_{-1} | | | | |
| | | Образец гладкий | Образец с надрезом R _n = 0,5 мм и h = 1 мм | | | |
| [5] | 20 | 470 | 260 | — | 3·10 ⁷ | Прутки. Продольные образцы. Симметричный цикл нагрузки. Нормализация с 1050°C, 1 ч, воздух. Отпуск при 650°C, 6 ч, воздух. $\sigma_b = 1050$ Н/мм ² |
| | 100 | 400 | 210 | — | 3·10 ⁷ | |
| | 200 | 390 | 260 | — | 3·10 ⁷ | |
| | 300 | 400 | 170 | — | 3·10 ⁷ | |
| | 400 | 390 | 210 | — | 1·10 ⁸ | |
| | 500 | 360 | 220 | — | (1–3)·10 ⁸ | |
| | 535 | 280 | 170 | — | (1–3)·10 ⁸ | |
| | 575 | 270 | 190 | — | (1–3)·10 ⁸ | |
| 535 | 350 | 290 | — | (1–3)·10 ⁸ | После обработки роликами | |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | t _{исп} , °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|--------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| [4] | Нормализация | 1030–1050 | Воздух | 20 | 780–1050 | 880–1160 | 11–21 | 39–70 | 62 | 285–302 |
| | | 650–660, 6 ч | | 100 | 780–980 | 880–1010 | 13–18 | 38–60 | — | — |
| | Отпуск | 650–660, 6 ч | Воздух | 200 | 740–910 | 830–1010 | 12–14 | 51–62 | — | — |
| | | | | 300 | 680–980 | 780–1080 | 12–17 | 48–60 | — | — |
| | | | | 500 | 680–760 | 760–820 | 14–19 | 65–71 | 86 | — |
| | | | | 525 | 640–720 | 690–770 | 15–19 | 70–76 | 86 | — |
| | | | | 550 | 640–710 | 690–740 | 17 | 74 | 74 | — |
| | | | | 575 | 640–710 | 680–730 | 16–18 | 69–76 | 78 | — |
| | | | | 600 | 520–690 | 550–710 | 16–22 | 70–77 | 94 | — |

| 25X2M1Ф (ЭИ 723) | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|-----------------------|-------------------|------------------|-----------------------|-----------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----------------------------|-----|---|
| Механические свойства стали в зависимости от тепловой выдержки и температуры испытаний | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | $t_{исп},$ °С | $t_{выдержки},$ °С | $\tau,$ ч | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_b,$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | $t,$ °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [4] | Нормализация Отпуск | 1030–1050 650, 6 ч | Воздух Воздух | 20 | 550 | 3000 | 840 | 960 | 15 | 54 | 65 | — | |
| | | | | 550 | 550 | 3000 | 610 | 640 | 14 | 59 | 84 | — | |
| | | | | | 20 | 550 | 6000 | 810 | 910 | 13 | 54 | 63 | — |
| | | | | | 550 | 550 | 6000 | 580 | 600 | 15 | 60 | 126 | — |
| | | | | | 20 | 575 | 3000 | 720 | 850 | 14 | 58 | 66 | — |
| | | | | | 550 | 575 | 3000 | 530 | 580 | 15 | 66 | 127 | — |
| | | | | | 20 | 575 | 6000 | 570 | 700 | 18 | 66 | 111 | — |
| | | | | | 550 | 575 | 6000 | 450 | 500 | 17 | 69 | 167 | — |

| Механические свойства стали при 20°С (образцы продольные) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----------------------------|-----|---|---------------------------------|--------|---------|-----|-----|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_b,$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | | | |
| | Операция | $t,$ °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация Отпуск | 1030–1060 680–720 | Воздух | Прутки, штанги, полосы 25 | 750 | 900 | 10 | 40 | 30 | — | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | Нормализация Нормализация Отпуск ¹ | 1030–1050 950–970 680–700 | Воздух | Шпильки | 680 | 800 | 12 |
| | Гайки | — | — | — | — | — | ≤ 229 | | | | | | | | | | |
| | Нормализация Нормализация Высокий отпуск | | | | Сорт | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 250 | | | | | | | 500 | 650 | 18 | 50 | 70 | 201 |
| | | | | | 200 | | | | | | | 600 | 750 | 16 | 50 | 60 | 241 |
| | | | | | 150 | | | | | | | 700 | 840 | 15 | 50 | 50 | 255 |
| | | | | | Поковки ² | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 250 | | | | | | | 500 | 650 | 18 | 50 | 70 | 201 |
| | | | | | 200 | | | | | | | 600 | 750 | 16 | 50 | 60 | 241 |
| | | | | 150 | 700 | 840 | 15 | 50 | 50 | 255 | | | | | | | |

¹ Температура отпуска для гаек выше, чем для шпилек, на 15–30°С.

² Для тангенциальных образцов допускается снижение σ_b и $\sigma_{0,2}$ на 5%, δ и КСУ на 25%, ψ на 20%; для радиальных образцов допускается снижение σ_b и $\sigma_{0,2}$ на 10%, δ и ψ на 35%, КСУ на 40%.

| Механические свойства при различных температурах (образцы продольные) | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|----------------------------|----------------|---------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----------------------------|-----|--|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $t,$ °С | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_b,$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | $t,$ °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация Отпуск | 1030–1060 650–660, 6 ч | Воздух Воздух | Прутки | 20 | 800 | 900 | 11 | 39 | 63 | 285 | |
| | | | | | 100 | 800 | 900 | 13 | 38 | — | — | |
| | | | | | 200 | 760 | 850 | 12 | 51 | — | — | |
| | | | | | 300 | 690 | 800 | 12 | 48 | — | — | |
| | | | | | 500 | 690 | 780 | 14 | 65 | 88 | — | |
| | | | | | 525 | 650 | 700 | 15 | 70 | 88 | — | |
| | | | | | 550 | 650 | 700 | 17 | 74 | 76 | — | |
| | | | | | 575 | 650 | 690 | 16 | 69 | 80 | — | |
| | | | | | 600 | 530 | 560 | 16 | 70 | 96 | — | |
| | | | | | 650 | 530 | 560 | 20 | 73 | — | — | |
| | Нормализация Нормализация Отпуск | 1030–1060 950–970 650–700, 6 ч | Воздух Воздух Воздух | Прутки | 20 | 710 | 840 | 16 | 64 | 100 | — | |
| | | | | | 100 | — | — | — | — | 170 | — | |
| | | | | | 200 | 710 | 820 | 15 | 65 | — | — | |
| | | | | | 300 | 710 | 820 | 12 | 62 | 150 | — | |
| | | | | | 400 | 690 | 800 | 13 | 64 | — | — | |
| | | | | | 500 | 620 | 680 | 14 | 66 | 170 | — | |
| | | | | | 525 | 620 | 680 | 18 | 75 | 150 | — | |
| | | | | | 550 | 540 | 580 | 15 | 70 | 140 | — | |
| | | | | | 600 | 530 | 560 | 17 | 76 | 140 | — | |

25X2M1Ф (ЭИ 723)

Механические свойства в зависимости от режима отпуска при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | |
|--------|----------------------|---------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------|-----|-----|----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация | 960–1040, 1 ч | Воздух | Прутки | 20 | 1000 | 1100 | 15 | 62 | 60 | 269 | | | | | |
| | Отпуск | 650, 6 ч | | | | | | | | | | 580 | 730 | 750 | 17 | 74 |
| | Отпуск | 680, 6 ч | | | 20 | 780 | 890 | 17 | 65 | — | 245 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 580 | 580 | 610 | 18 | 79 |
| | Отпуск | 700, 3 ч | | | 20 | 740 | 850 | 16 | 66 | 100 | 241 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 580 | 540 | 570 | 18 | 80 |
| | Нормализация | 1040, 1 ч | Воздух | Прутки | 20 | 780 | 890 | 17 | 69 | 120 | 280 | | | | | |
| | Нормализация | 960, 1 ч | | | | | | | | | | 580 | 610 | 680 | 15 | 78 |
| | Отпуск | 650, 3 ч | | | 20 | 710 | 840 | 18 | 67 | 230 | 260 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 580 | 540 | 580 | 17 | 70 |
| Отпуск | 680, 3 ч | | | 20 | 710 | 840 | 18 | 67 | 230 | 260 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 580 | 540 | 580 | 17 | 70 | — |

Механические свойства стали при различных температурах испытания после длительного старения

| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | |
|-----|----------------------|--------------|-------------------|--------------------|------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|----------|---|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация | 1030–1060 | Воздух | Исходное состояние | | 20 | 1000 | 1100 | 17 | 64 | 63 | — | | | | | |
| | Отпуск | 650–660, 6 ч | | | | 550 | 735 | 765 | 17 | 74 | 76 | — | | | | | |
| | | | | | | 550 | 500 | 20 | 910 | 1025 | 16 | 58 | 50 | — | | | |
| | | | | | | 550 | 500 | 550 | 635 | 655 | 15 | 63 | 91 | — | | | |
| | | | | | | 550 | 3000 | 20 | 860 | 980 | 15 | 54 | 66 | — | | | |
| | | | | | | 550 | 3000 | 550 | 620 | 655 | 14 | 59 | 86 | — | | | |
| | | | | | | 550 | 6000 | 20 | 825 | 930 | 13 | 54 | 64 | — | | | |
| | | | | | | 550 | 6000 | 550 | 590 | 615 | 15 | 60 | 129 | — | | | |
| | | | | | | 575 | 500 | 20 | 850 | 965 | 15 | 61 | 72 | — | | | |
| | | | | | | 575 | 500 | 550 | 670 | 695 | 14 | 60 | 96 | — | | | |
| | | | | | | 575 | 3000 | 20 | 740 | 870 | 14 | 58 | 67 | — | | | |
| | | | | | | 575 | 3000 | 550 | 540 | 590 | 15 | 66 | 130 | — | | | |
| | | | | | | 575 | 6000 | 20 | 585 | 715 | 18 | 66 | 113 | — | | | |
| | | | | | | 575 | 6000 | 550 | 460 | 510 | 17 | 69 | 170 | — | | | |

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
|--------------|----------------------|--------------|-------------------|-------|---|-------------------|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | |
| | | | | | 1/10 ⁵ | | |
| [5] | Нормализация | 1030–1060 | Воздух | 550 | 210 | (140) | 70 |
| | Отпуск | 650–660, 5 ч | | | | | |
| | Нормализация | 1030–1060 | Воздух | 550 | 180 ¹ | — | 70 |
| Нормализация | 950–970 | Воздух | | | | | |
| Отпуск | 650–670, 5 ч | Воздух | | | | | |
| Нормализация | 1000–1020 | Воздух | 580 | 140 | — | — | |
| Отпуск | 660–670, 5 ч | | | | | | Воздух |

¹ Образцы с надрезом.

В скобках — экстраполированные значения.

| 25X2M1Ф (ЭИ 723) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|-------------------|---|------------------------------------|--|-----------------|---|----------------------------------|-------------------|------|-------|--------------------------------------|-----|--|--|
| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ ₀ , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ _r , Н/мм ² , за время τ, ч | | | | | | | σ _{0,2} , Н/мм ² | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 200 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 8000 | 10000 | | | | |
| [5] | Нормализация | 1030–1050 | Воздух | 500 | 300 | — | — | — | — | 175 | — | 165 | 780 | | | |
| | Нормализация | 950–970 | Воздух | 500 | 350 | — | — | — | — | 200 | — | 170 | | | | |
| | Отпуск | 680, 6 ч | Воздух | 500 | 400 | — | — | — | — | — | 240 | — | | 190 | | |
| | | | | 525 | 250 | 186 | 150 | 145 | 136 | 130 | 115 | 108 | | | | |
| | | | | 525 | 300 | 210 | 197 | 180 | 160 | 155 | 135 | 128 | | | | |
| | | | | 525 | 350 | 216 | 202 | 190 | 170 | 165 | 145 | 135 | | | | |
| | | | | 525 | 400 | — | — | 210 | — | 190 | — | 160 | | | | |
| | | | | 550 | 250 | 145 | 130 | 120 | 105 | 100 | 73 | 67 | | | | |
| | | | | 550 | 300 | 166 | 160 | 145 | 125 | 110 | 80 | 70 | | | | |
| | | | | 550 | 350 | 197 | 177 | 160 | 140 | 125 | 85 | 75 | | | | |
| 550 | 400 | 215 | 200 | 180 | 160 | 150 | 105 | 90 | | | | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч [6] | | | | | | Жаростойкость [1, 4, 5] | | | | | | | | | | |
| ~ 0,83 (при 550°C) | | | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | Потеря массы, мг/см ² | База испытаний, ч | | | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [6] | | | | | | Среда | 550 | 0,51 | 4,6 | 100 | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | | 62 | | | | | | | | | | | | | |
| 3000 | 550 | 65 | Пар | 550 | 0,25 | | | | | | | | 6,9 | 300 | | |
| 6000 | 550 | 63 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3000 | 575 | 66 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6000 | 575 | 111 | 550 | 0,18 | 8,2–8,4 | 500 | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | | | 350 | 1000 | | 3 | | | | | | | |
| Точечная | | Вода, содержащая 200 мг/кг Cl ⁻ | | | | 320 | 1000 | | Подвержена | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Вода деминерализованная | | | | 320 | 1000 | | Не подвержена | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | Не определяется | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток | 1250–750 | До 50 | | В штабелях на воздухе | | До 50 | | В штабелях на воздухе | | | | | | | | |
| Заготовка | 1250–750 | 51–100 | | В ящиках | | 51–100 | | В ящиках | | | | | | | | |
| | | 101–700 | | Отжиг низкотемпературный | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при ≤ 300 НВ и σ _н = 1050 Н/мм ² K _v = 0,6 (твердый сплав), K _v = 0,25 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
|---|----------------------|--|-------------------|-------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 10Х2МФБ (ЭИ 531), 12Х2МФБ (ЭИ 531) | | Заготовка трубная ковкая — ТУ 14-1-148-72, ТУ 14-1-1954-77. Листы толстые — ТУ 14-1-3409-82. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-3Р-55-2001 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Nb | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,08–0,12 | 0,40–0,70 | 0,40–0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 2,10–2,60 | ≤ 0,25 | 0,50–0,70 | 0,20–0,35 | 0,50–0,80 | — | ≤ 0,25 | 775–825 | 865–925 | 715–765 | 770–820 |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-3409-82 ¹ | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Nb | Ti | Cu | | | | |
| 0,08–0,12 | 0,40–0,70 | 0,40–0,70 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 2,10–2,60 | ≤ 0,30 | 0,50–0,70 | 0,20–0,35 | 0,50–0,80 | ≤ 0,10 | ≤ 0,25 | | | | |
| ¹ Примечания. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Допускается отклонение по массовой доле в готовой продукции углерода минус 0,01%, молибдена и ванадия — ± 0,05%. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. По согласованию с ЦНИИТМАШ допускается незначительное отклонение по массовой доле отдельных элементов. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. В стали, полученной методом электрошлакового переплава, содержание серы не должно превышать 0,015%. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при температуре испытаний | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{исп} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU ₂ , Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-148-72 | 12Х2МФБ | | | 90–180 | 20 | 350 | 450 | 30 | 70 | 150 | — | — | | | |
| | Нормализация | 1050–1070 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 740–760 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-1954-77 | 12Х2МФБ | | | 90–180 | 20 | 280 | 400 | 25 | — | 100 | — | — | | | |
| | Нормализация | 1020–1100 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 720–750 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-3409-82 | 10Х2МФБ | | | 6–50 | 20 | 294 | 392–588 | 20 | — | 98 | — | — | | | |
| | Нормализация | 1050–1070 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 720–750 | Воздух | 6–50 | 450 | 196 | 275 | 15 | — | — | — | — | | | |
| | Нормализация | 960–980 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 720–750 | Воздух | 6–50 | 450 | 246 | 294 | 15 | — | — | — | — | | | |
| | Нормализация | 960–980 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| Рекомендуемые режимы термообработки: пароперегревательные трубы — отпуск при 840–870°С, охлаждение на воздухе; паропроводные трубы — закалка с 1060–1080°С в воду, отпуск при 840–860°С с охлаждением на воздухе. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Трубы котельных установок, длительно работающие при температурах до 570°С, а также различные детали энергоустановок. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь выплавляется в дуговых электропечах или мартеновским способом. | | | | | | | | | | | | | | | |

| 10X2МФБ (ЭИ 531), 12X2МФБ (ЭИ 531) | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---|----------------|---|----------------------------|--|-------|-------|------------------|-------|-------|----------------|
| Пределы длительной прочности | | | Термообработка | Время старения, τ , ч | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t , °С | | | НВ, при t , °С | | | Термообработка |
| t , °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | + 20 | + 550 | + 600 | + 20 | + 550 | + 600 | |
| | $1 \cdot 10^4$ | $1 \cdot 10^5$ | | | | | | | | | |
| 500 | 150 | 120 | Пруток. Продольные образцы. Отжиг 860°С | Исходное состояние | 259 | — | — | 144 | — | — | Отжиг 860°С |
| 580 | 80 | 65 | | 500 | — | 279 | — | — | 144 | — | |
| 600 | 63 | 50 | | 1000 | — | 230 | 310 | — | 131 | 135 | |
| 620 | 60 | 46 | | 2500 | — | 250 | 350 | — | 128 | 123 | |
| 650 | 45 | 32 | | | | | | | | | |

Жаростойкость [5, 27]

| t , °С | Увеличение массы, г/(м ² ·ч) | Глубина окисления, мм/год | База испытаний, ч |
|----------|---|---------------------------|-------------------|
| 600 | 0,115 | 0,34 | 500 |
| | 0,084 | 0,24 | 1000 |
| | 0,077 | 0,22 | 3000 |
| 625 | 0,158 | 0,46 | 500 |
| | 0,155 | 0,45 | 1000 |
| | 0,113 | 0,33 | 5000 |
| 650 | 0,193 | 0,56 | 1000 |
| | 0,137 | 0,40 | 3000 |
| | 0,091 | 0,27 | 5000 |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–800 | До 200 | Отжиг низкотемпературный | До 200 | На воздухе |
| Заготовка | 1180–800 | 201–700 | Отжиг низкотемпературный | 201–700 | Отжиг низкотемпературный |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---------------------------------|---|---|
| Сваривается всеми видами сварки | В нормализованном и отпущенном состоянии при ≥ 200 НВ $K_v = 1,1$ (твердый сплав), $K_v = 0,8$ (быстрорежущая сталь) | Слабо чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|--|-------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| 12Х2МФСР | | Трубы — ТУ 14-3Р-55-2001. Трубные заготовки — ТУ 14-1-1569-93. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-3Р-55-2001 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | B | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,08–0,15 | 0,40–0,70 | 0,40–0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,60–1,90 | ≤ 0,25 | 0,50–0,70 | 0,20–0,35 | ≤ 0,25 | 0,002–0,005 | 775–825 | 865–925 | 715–765 | 770–820 | |
| Для стали, изготовленной скрап-процессом или из медистых руд, допускается Cu и Ni до 0,3% каждого. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ТУ 14-3Р-55-2001 | Горячедеформированные трубы | | | φ 25–465 s 2,5–60 | Образцы продольные | | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 970–1000 | Воздух | | 274 | 470 | 21 | — | — | — | — | | | | |
| | Отпуск | 750–780, 2 ч | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| | Холодно- и теплодеформированные трубы | | | φ 10–108 s 2,0–13,0 | Образцы продольные | | | | | | | | | | |
| Нормализация | 970–1000 | Воздух | 274 | | 470 | 21 | — | — | — | — | | | | | |
| Отпуск | 750–780, 2 ч | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| Трубы подвергаются контролю гидравлическим давлением, испытанию на сплющивание, раздачу. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Пределы текучести и длительной прочности металла труб при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °С | Предел текучести σ _{0,2} , Н/мм ² | | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | | | | | |
| | | не менее | | 1·10 ⁵ | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-3Р-55-2001 | 400 | 206 | | — | | | | | | | | | | | |
| | 450 | 195 | | — | | | | | | | | | | | |
| | 500 | — | | 152 | | | | | | | | | | | |
| | 550 | — | | 92 | | | | | | | | | | | |
| | 600 | — | | 55 | | | | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Значения пределов текучести и длительной прочности являются средними значениями по совокупности имеющихся данных, которые при периодических испытаниях могут быть уточнены и при необходимости исправлены. Допускается отклонение фактических значений предела длительной прочности на 20% от указанных в таблице. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Пределы текучести и длительной прочности труб для промежуточных температур определяются путем линейной интерполяции между ближайшими значениями, приведенными в таблице. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Пределы текучести при повышенных температурах и длительной прочности металла труб должны соответствовать указанным в таблице. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Изготовитель гарантирует соответствие пределов текучести при повышенных температурах и длительной прочности металла труб указанным требованиям без проведения испытаний. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. По требованию заказчика трубы поставляются с определением предела текучести при одной или нескольких температурах, приведенных в таблице. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Паропроводные и пароперегревательные трубы установок высокого и сверхвысокого давления, детали, работающие при температуре до 585°С. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь теплоустойчивая перлитного класса. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства стали (продольные образцы) в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | в пределах | | | |
| [2] | Нормализация | 970–980 | Воздух | Трубы | 20 | 235–333 | 470–529 | 24–35 | — | 265–284 | 143–156 | | | | |
| | | | | | 560 | 216–284 | 294–353 | 26–34 | 82–87 | 225–274 | — | | | | |
| | | | | | 580 | 196–235 | 265–343 | 28–34 | 81–85 | 245–265 | — | | | | |
| | | | | | 610 | 176–206 | 235–265 | 32–39 | 80–85 | 216–274 | — | | | | |
| | | | | | Отпуск | 760–780, 2 ч | Воздух | φ 273×36 | 20 | 431–461 | 588–608 | 24–27 | 72–74 | 186–284 | 187 |
| | | | | | | | | | 500 | 333–382 | 441–480 | 18–22 | 68–76 | — | — |
| | 580 | 314–333 | 343–363 | 21–23 | | | | | 82–84 | 157–186 | — | | | | |
| | 620 | 265–314 | 274–343 | 21–27 | | | | | 84–88 | 137–186 | — | | | | |
| | | | | | 650 | 216–304 | 225–304 | 22–32 | 87–99 | — | — | | | | |

| 12Х2МФСР | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---|------------------------------------|--------------------|--|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| Механические свойства стали при температуре 20°С после испытания на ползучесть | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ , Н/мм ² | τ , ч | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [3] | Нормализация | 950–980 | Воздух | Прутки | Исходное состояние | | | 420 | 630 | 24 | 72 | 245 | — |
| | Отпуск | 750–780, | Воздух | | 610 | 40–70 | 2000 | 380 | 630 | 22 | 69 | 184 | — |
| | | 2 ч | | | 620 | 40–50 | 2000 | 340 | 550 | 23 | 65 | 184 | — |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | |
| [3, 5] | Нормализация | 950–980 | Воздух | 580 | 135 | 110 | 90 | 75 | 55 | | | | |
| | Отпуск | 750–780, | Воздух | 600 | 115 | 85 | 65 | — | — | | | | |
| | | 2 ч | | 620 | 100 | 70 | 55 | 64 | 47 | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | | | |
| — | | | | Продукты сгорания топлива | t, °С | Глубина коррозии ¹ , мм | База испытаний, ч | | | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | Экибастузский уголь | 580 | 0,51 | 5000 | | | | | | |
| Время, ч | t, °С | КСУ, Дж/см ² | | | 620 | 1,20 | 5000 | | | | | | |
| Исходное состояние | | | 279 | Мазут | 580 | 0,80 | 10000 | | | | | | |
| 5000 | 560 | 291 | | | 620 | 1,40 | 10000 | | | | | | |
| 5000 | 580 | 279 | | Природный газ | 580 | 0,40 | 5000 | | | | | | |
| 5000 | 610 | 282 | | | 620 | 0,85 | 5000 | | | | | | |
| 5000 | 650 | 262 | | | ¹ Экстраполяция на 100000 ч. | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | | 300 | 1000 | 1 | | | | | | |
| Точечная | | Вода деминерализованная | | | 300 | 1000 | Подвержена | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | — | | | — | — | — | | | | | | |
| Межкристаллитная | | — | | | — | — | — | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | До 300 | На подине | — | | — | | | | | | | |
| Заготовка | — | | | — | | — | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Рекомендуются подогрев и необходима последующая термообработка | | | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 217 НВ и $\sigma_b = 470$ Н/мм ² $K_v = 1,85$ (твердый сплав), $K_v = 1,18$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Марка стали | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 10X2M1ФБ (48ТН-2), 10X2M1ФБ-ВД | Лист — ТУ 14-1-3409-82, ТУ 108.11.934-87. Поковки — ТУ 108.11.934-87. | | | | | | | | | | | |

| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | НД |
|----------------------------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|------------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Nb | Cu | Ti | |
| 0,08–0,12 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 2,00–2,50 | ≤ 0,30 | 0,80–1,00 | 0,25–0,35 | 0,25–0,45 | ≤ 0,25 | ≤ 0,10 | ТУ 14-1-3409-82 |
| 0,08–0,12 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 2,00–2,50 | ≤ 0,30 | 0,80–1,00 | 0,25–0,35 | 0,25–0,45 | ≤ 0,25 | ≤ 0,10 | ТУ 108.11.934-87 |

Допускаются следующие отклонения по химическому составу:

| Предельное отклонение в готовом прокате, % | | | | | | | | | | | | | НД |
|--|------------|--------------------|---|---|-------|-------|-------|----|-------|----|---|----|------------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | As | Cu | Al | N | Ti | |
| ±0,01 | +0,05–0,02 | ±0,10 ¹ | — | — | ±0,10 | +0,10 | ±0,05 | — | +0,10 | — | — | — | ТУ 108.11.934-87 |

¹ При выплавке методом ВДП, ±0,05% при выплавке остальными методами.

| Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------|-------------------|-------------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-3409-82 | В термически обработанном состоянии | | | Листы 6–50× | 20 | 285 | 392 | 20 | — | 98 | — | — |
| | Нормализация | 1050–1070 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 720–750 | Воздух | 1200–1700× 4000–7400 | 550 | 196 | 245 | 17 | — | — | — | — |
| | Закалка | 1050–1070 | Водяной душ | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 760–780 | Воздух | | | | | | | | | |

Примечания.

- Для листов из стали 10X2M1ФБ толщиной 8–10 мм относительное удлинение при комнатной температуре должно быть не менее 12% и испытания при температуре 550°C не проводятся.
- Для листов толщиной 11 мм и более дополнительно определяется и заносится в сертификат значение относительного сужения (ψ, %).
- Макроструктура листов не должна иметь следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений и пузырей, видимых невооруженным глазом, флокенов.
- Листы из стали 10X2M1ФБ контролируются на загрязненность неметаллическими включениями.
- Листы контролируются на величину зерна, которая должна быть не крупнее балла 5.
- Все листы толщиной 10 мм и более подвергаются УЗК в соответствии с ГОСТ 22727–88.

Без примечания 4 к таблице 2 ТУ 14-1-3409-82 (Примечание 12 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HB | КП | |
|------------------|---|-------|-------------------|--|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.934-87 | Термически обработанные поковки и листы | | | Листы 5–150× 1800–3000× 5100–8000 Поковки 100–300 | 20 | Листы, поковки | | | | | | — | 195 |
| | | | | | | 195 | 345 | 20 | 55 | 78,5 | — | | |
| | | | | | 550 | 145 | 245 | 13 | — | — | — | — | |
| | | | | | | Поковки | | | | | | — | 245 |
| | | | | | 20 | 245 | 390 | 20 | 50 | 78,5 | — | | |
| | | | | | 350 | 215 | 275 | 13 | — | — | — | — | |
| | | | | 470 | 185 | 265 | 13 | — | — | — | — | | |
| | | | | 550 | 175 | 245 | 13 | — | — | — | — | | |
| | | | | Листы | | | | | | — | 245 | | |
| | | | | 20 | 245 | 390 | 13 | 50 | 78,5 | | | — | |
| 470 | 215 | 295 | 13 | — | — | — | — | | | | | | |
| 550 | 195 | 295 | 13 | — | — | — | — | | | | | | |

| 10X2M1ФБ (48ГН–2), 10X2M1ФБ–ВД | | | | | Механические свойства | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|--|----------------------------------|-----------------------------|------------------|
| <p>Примечания.</p> <p>1. Конкретная повышенная температура испытания определяется требованиями конструкторской документации или заказа.</p> <p>2. Результаты испытания механических свойств поковок из стали марок 10X2M1ФБ и 10X2M1ФБ–ВД при всех температурах испытания не являются сдаточными, но заносятся в сертификат.</p> <p>Сдаточные нормы механических свойств устанавливаются совместно с материаловедческой организацией (разработчиком стали) по результатам контроля металла поковок толщиной, близкой к максимальной, не менее, чем на пяти плавках для каждой температуры испытания с учетом вида термической обработки, и согласовываются с потребителем.</p> <p>3. Для заготовок из стали марок 10X2M1ФБ и 10X2M1ФБ–ВД производится дополнительно определение ударной вязкости на образцах типа II. Результаты испытаний до набора статистических данных не являются сдаточными, но заносятся в сертификат.</p> <p>4. Заготовки должны подвергаться УЗК после основной термообработки в соответствии с ГОСТ 22727–88.</p> <p>5. Результаты УЗК первых пяти плавков листов любой толщины из стали марок 10X2M1ФБ и 10X2M1ФБ–ВД не являются сдаточными, но заносятся в сертификат.</p> <p>6. Величина неметаллических включений определяется по ГОСТ 1778–70.</p> <p>7. Контроль макроструктуры.</p> | | | | | | | | |
| <p>Назначение. Корпусные детали и трубопроводы парогенераторов, работающие при температуре до 450°C.</p> <p>Максимальная допускаемая температура применения для деталей 500°C (ПИНАЭГ–7–008–89).</p> <p>Сталь теплоустойчивая перлитного класса.</p> | | | | | | | | |
| Температура критических точек, °C [14] | | | | | Жаростойкость | | | |
| Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Среда | t, °C | Скорость окисления, мм/год | Группа стойкости |
| 780–790 | 870–900 | — | — | 365–380 | Перегретый пар С _l ' — следы | 500 (v = 5 м/сек) | 0,7 | Малостойкая |
| Температура нагрева 975–980°C | | | | | O ₂ — до 0,1 мг/л | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1200–850 | До 200 | Отжиг низкотемпературный | До 200 | | | На воздухе | |
| Заготовка | 1200–800 | 201–700 | Отжиг низкотемпературный | 201–700 | | | Отжиг низкотемпературный | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | Флокочувствительность | | |
| <p>Ограниченно свариваемая.</p> <p>Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ.</p> <p>Рекомендуются подогрев и последующая термообработка.</p> <p>Сварку деталей толщиной до 12 мм допускается проводить без подогрева и ограничения времени до отпуска</p> | | | <p>В нормализованном и отпущенном состоянии при $\sigma_b = 490 \text{ Н/мм}^2$</p> <p>$K_v = 1,5$ (твердый сплав),</p> <p>$K_v = 1,4$ (быстрорежущая сталь)</p> | | | Слабо чувствительна | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | |
| | | | | | | Не склонна | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 38Х2МЮА (38ХМЮА) | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. Поковки — ГОСТ 8479–70, ОСТ 108.958.04–85. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Al | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,35–0,42 | 0,20–0,45 | 0,30–0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,35–1,65 | ≤ 0,30 | 0,15–0,25 | 0,70–1,10 | ≤ 0,30 | 800 | 865 | 665 | 740 |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Допускается наличие W до 0,20%; Ti до 0,03% и V до 0,05%. | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Массовая доля азота в кислородно-конверторной стали не должна превышать для тонколистового проката и ленты 0,006%; для остальных видов проката — 0,008%. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 840–870 | С печью | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 229 | | |
| | Закалка | 940 | Вода или масло | До 80 | 835 | 980 | 14 | 50 | 88 | — | — | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 835 | 980 | 12 | 45 | 79 | — | — | | |
| Отпуск | 640 | Вода или масло | Свыше 150 | 835 | 980 | 11 | 40 | 75 | — | — | | | |
| При термообработке заготовок по режимам, указанным в таблице выше, допускаются следующие отклонения по температуре нагрева: при закалке ± 15°С, при высоком отпуске ± 50°С. | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | НВ | КП | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка | ПС | | 100–300 | 590 | 735 | 13 | 40 | 49 | 235–277 | 590 | | |
| | Отпуск | | | | | | | | | | | | |
| Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы. | | | | | | | | | | | | | |
| По механическим свойствам поковки, поставляемые после окончательной термической обработки, разделяются на категории прочности. Категории прочности, соответствующие им нормы механических свойств, определяемые при испытании на продольных образцах, и нормы твердости приведены в таблице. | | | | | | | | | | | | | |
| Нормы твердости для поковок II и III групп и категории прочности для поковок IV и V групп устанавливаются по соглашению изготовителя с потребителем. Марка стали для всех групп устанавливается по соглашению изготовителя с потребителем и указывается на чертеже детали и поковки. | | | | | | | | | | | | | |
| По требованию потребителя временное сопротивление должно быть выше указанной в таблице для заданной категории прочности, не более: | | | | | | | | | | | | | |
| 120 Н/мм ² при требуемом σ _в менее 600 Н/мм ² , | | | | | | | | | | | | | |
| 150 Н/мм ² при требуемом σ _в 600–900 Н/мм ² , | | | | | | | | | | | | | |
| 200 Н/мм ² при требуемом σ _в более 900 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | | |
| Поковки IV и V группы с обязательным выполнением УЗК по п. 1.3. Группу качества поковок по результатам УЗК устанавливают в соответствии с ГОСТ 24507–80 (Примечание 2 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ОСТ 108.958.04–85 | Закалка | 930–950 | Масло или вода | 100 | 735 | 880 | 13 | 40 | 59 | — | 277–321 | | |
| | Отпуск | 640–680 | Воздух | 220 | 590–735 | 735 | 14 | 45 | 59 | — | 235–277 | | |
| | | | | 300 | 590 | 735 | 13 | 40 | 49 | — | 235–277 | | |
| Поковки с заданными механическими свойствами поставляются по согласованию изготовителя с потребителем. | | | | | | | | | | | | | |
| Твердость НВ ≤ 255 после предварительной термической обработки для II группы испытаний (по ГОСТ 8479–70). | | | | | | | | | | | | | |

| 38X2MЮА (38XМЮА) | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----------------------|--------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HV | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Закалка | 930–950 | Масло или вода | До 60 | 880 | 1030 | 18 | 52 | — | — | 250–300 |
| | Отпуск | 640–680 | Воздух | 61–100 | 730 | 880 | 10 | 45 | 59 | — | — |
| | | | | 101–200 | 590 | 780 | 10 | 45 | 59 | — | — |
| | | | | Пруток До 60 | 880 | 1030 | 18 | — | 88 | Поверхности 850–1050 | Сердцевины 260–269 |
| | Закалка | 930–950 | Масло или вода | Пруток До 60 | 880 | 1030 | 18 | — | 88 | Поверхности 850–1050 | Сердцевины 260–269 |
| | Отпуск | 640–680 | Воздух или масло | | | | | | | | |
| Азотирование | 520–540 | С печью до 100–150°C | | | | | | | | | |

Улучшение перед азотированием проводится с целью повышения прочности сердцевины, взамен которого допускается нормализация с 930–950°C и отпуск при 600–650°C.

Для уменьшения деформации при азотировании детали перед окончательным шлифованием (до азотирования) подвергаются стабилизирующему отпуску при 620–650°C с охлаждением в печи до 400°C, далее на воздухе.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Закалка | 950 | Масло | 120 | 800 | 950 | 12 | 35 | 70 | — | 285 |
| | Отпуск | 550 | Масло | До 40 | 850 | 1000 | 10 | 40 | 70 | — | 228 |
| | Закалка | 950 | Масло | | | | | | | | |
| | Отпуск | 650–670 | Вода или масло | 25 | 300 | 700 | 25 | 60 | 120 | — | 216 |
| Отжиг | 820–850 | С печью | | | | | | | | | |

Назначение. Штоки клапанов паровых турбин, работающие при температуре до 450°C, гильзы цилиндров двигателей внутреннего сгорания, иглы форсунок, тарелки букс, распылители, пальцы, плунжеры, распределительные валки, шестерни, шпиндели, валы, втулки и другие детали.

Сталь применяется только для изделий, работающих в контакте с жидкометаллическим теплоносителем (в РБН) (ПНАЭГ–7–008–89).

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Дополнительные данные. Сталь склонна к обезуглероживанию, теплоустойчива до 500°C.

После азотирования сталь коррозионно-стойка в атмосферных условиях, в воде и водяных парах.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | Прокаливаемость [1] |
|--|-------------|-----------------|---|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | |
| 441–470 | — | 10 ⁷ | Закалка с 940°C в масле, отпуск при 640°C | При охлаждении в воде критический диаметр ~ 70 мм; в масле ~ 45 мм |
| 608–617 | — | — | | |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----|----------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | Закалка Отпуск | 930–940 660, 5 ч | Масло Воздух | Прутки, продольные образцы | 20 | 665 | 825 | 17 | 64 | 160 | — | 255 |
| | | | | | 200 | 595 | 800 | 17 | 56 | 155 | — | — |
| | | | | | 300 | 580 | 830 | 18 | 58 | 130 | — | — |
| | | | | | 400 | 560 | 740 | 20 | 63 | 130 | — | — |
| | | | | | 500 | 430 | 480 | 25 | 81 | 100 | — | — |
| | | | | | 600 | 280 | 305 | 26 | 90 | 100 | — | — |

| 38X2MЮА (38XMЮА) | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|--|--------------------|------------|--|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--|----|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 930–940 | Масло | Ø 10 | | Образец прокатанный и отожженный. | | | | | | |
| | | | | | | Отпуск | 660, 5 ч | Воздух | длина | 50 | Скорость деформирования 20 мм/мин, скорость деформации 0,007 1/с | |
| | 800 | 98 | 110 | 66 | 57 | | | | | | 97 | — |
| | 900 | 66 | 84 | 57 | 97 | — | — | — | | | | |
| | 1000 | 39 | 49 | 66 | 98 | — | — | — | | | | |
| 1200 | 15 | 22 | 77 | 100 | — | — | — | | | | | |
| Механические свойства стали при 20°C после длительного старения | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | | |
| [5] | Закалка | 930–940 | Масло | Исходное состояние | | 665 | 825 | 16 | 64 | 160 | 255 | |
| | | | | Отпуск | 660 | Воздух | 500 | 10000 | 640 | 815 | | 20 |
| | 550 | 5000 | 565 | | | | 720 | 22 | 63 | 175 | | |
| | 550 | 10000 | 520 | 670 | 23 | 65 | 160 | | | | | |
| | 550 | 20000 | 455 | 620 | 25 | 67 | 185 | | | | | |
| Пределы ползучести | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 1/10 ⁵ | | | | | | |
| [4] | Закалка | 930–940 | Масло | | 450 | 100 | | | | | | |
| | | | | | | Отпуск | 660 | Воздух | Образцы | 500 | 82 | |
| | 550 | 14 | | | | | | | | | | |
| Релаксационная стойкость [5] | | | | | | | | | | | | |
| t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время, ч | | | | | | | | | | |
| | | 100 | 300 | 500 | 1000 | 3000 | 5000 | | | | | |
| 450 | 300 | 136 | 124 | 119 | 116 | 88 | 65 | | | | | |
| | 250 | 118 | 109 | 106 | 100 | 75 | 56 | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1240–800 | До 50 | В штабелях на воздухе | | | До 50 | В штабелях на воздухе | | | | | |
| | | 51–100 | В ящиках | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1240–800 | 101–700 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | 51–100 | В ящиках | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 240–277 НВ и $\sigma_b = 800$ Н/мм ² $K_v = 0,75$ (твердый сплав), $K_v = 0,55$ (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|--|---------|---------|-----------|----|-----------|---|---|-----------|----|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
| 30X2ГМТ | | Поковки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,28–0,35 | 0,17–0,37 | 1,00–1,30 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 1,70–2,00 | — | 0,40–0,60 | — | — | 0,02–0,06 | — | 730–750 | 800–840 | — | — | 320–350 |
| ¹ Температура нагрева 850°С. | | | | | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|----------|----------------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | 870–890 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 241 |
| | Закалка Отпуск | 890–910 550–600 | Масло Воздух | До 500 | 685 | 835 | 14 | 45 | 49 | — | 241–279 |
| | | | | 500–700 | 685 | 835 | 12 | 35 | 39 | | |
| 700–1000 | 635 | 780 | 10 | 35 | 34 | | | | | | |

Назначение. Валы-шестерни, опорные ролики, шпиндели, штоки, оси, червячные валы, шестерни и другие тяжело нагруженные детали, подвергающиеся ударным нагрузкам.

Сталь рекомендуется применять взамен стали марки 40ХН для сечений до 700 мм и 40ХН2МА для сечений до 500 мм.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1230–820 | — | — | — | — |
| Заготовка | 1230–820 | — | — | — | — |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Не применяется для сварных конструкций. | После закалки и отпуска при 250 HB и σ _B = 835 Н/мм ² K _v = 0,60 (твердый сплав), K _v = 0,45 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Мало склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--|-----------------|----|
| 14X2ГМР, 14ХМНДФ | | Лист — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Марка стали | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,10–0,16 | 0,17–0,37 | 0,90–1,20 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 1,30–1,70 | 14X2ГМР | 750 | 875 | — | — | |
| 0,10–0,16 | 0,17–0,37 | 0,60–0,90 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,40–0,80 | 14ХМНДФ | | | | | |
| Ni | Mo | V | B | As | Cu | Марка стали | | | | | |
| ≤ 0,30 | 0,40–0,50 | ≤ 0,03 | По расчету 0,002– 0,006 | ≤ 0,08 | ≤ 0,30 | 14X2ГМР | | | | | |
| 0,70–1,00 | 0,45–0,55 | 0,03–0,10 | | ≤ 0,08 | 0,15–0,40 | 14ХМНДФ | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU ₋₄₀ , Дж/см ² | Изгиб | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | | | До 10 | 600– 800 | 700 | 14 | — | 39 | d=3a | — |
| | Отпуск | | | | | | | | | | |
| Назначение. Сварные металлоконструкции в машиностроении. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | |
| — | — | | — | 49–170 | — | — | 40–165 | — | | — | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1200–900 | В колодце | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. Рекомендуется подогрев при сварке жестких конструкций. | | | В состоянии поставки при σ _b = 700 Н/мм ² K _v = 0,95 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-------------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|----|-----------|-----------|----|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| 12Х2НВФА | | Лист тонкий — ГОСТ 11268–76. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 11268–76 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,09–0,16 | 0,17–0,37 | 0,30–0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,90–2,40 | 0,80–1,20 | — | 0,18–0,28 | 1,00–1,40 | — | ≤ 0,25 | 800–820 | 840–860 | — | — | 320–340 |
| | | | | | | | | | | | | ¹ Температура нагрева 950°С. | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|--|--------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 11268–76 | В умягченном или нормализованном состоянии | | | До 3,9 | — | 490–740 | 15 δ_{10} 11 | — | — | — | — |
| | Закалка | 910 | Масло | До 3,9 | — | 1030 | 10 | — | — | — | — |
| Отпуск | 490–550 | Воздух | | | | | | | | | |

Примечания.

- Для листов толщиной до 0,9 мм включительно величина δ не нормируется.
- Для листов, поставляемых в нормализованном состоянии, допускается увеличение временного сопротивления на 49 Н/мм² при соблюдении норм по относительному удлинению.

Назначение. Различные детали, изготавливаемые методом холодной штамповки.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|----------------|---|---|-----|-----|-----|-----|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | +20 | 0 | –20 | –40 | –60 | –80 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–800 | В яме | | | |
| Заготовка | | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | В состоянии закалки и отпуска при $\sigma_b = 1050$ Н/мм ² $K_v = 0,5$ (твердый сплав), $K_v = 0,15$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| | |
|---|---|
| Марка стали 15X2НМФА, 15X2НМФА-А, 15X2НМФА класс 1 | Вид поставки Поковки — ТУ 0893-013-00212179-2003 (взамен ТУ 108.765-78). |
|---|---|

Массовая доля элементов, %, по ТУ 0893-013-00212179-2003

| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Sb | Cu | Co | Sn | As | P+Sb+Sn | Марка стали |
|-----------|-----------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|-----------|---------|--------|--------|---------|--------|---------|------------------|
| 0,13-0,18 | 0,17-0,37 | 0,3-0,6 | ≤ 0,020 | ≤ 0,02 | 1,8-2,3 | 1,0-1,5 | 0,5-0,7 | 0,10-0,12 | — | ≤ 0,30 | ≤ 0,03 | — | ≤ 0,04 | — | 15X2НМФА |
| 0,13-0,18 | 0,17-0,37 | 0,3-0,6 | ≤ 0,012 | ≤ 0,01 | 1,8-2,3 | 1,0-1,5 | 0,5-0,7 | 0,10-0,12 | ≤ 0,005 | ≤ 0,10 | ≤ 0,03 | ≤ 0,005 | ≤ 0,01 | ≤ 0,015 | 15X2НМФА-А |
| 0,13-0,18 | 0,17-0,37 | 0,3-0,6 | ≤ 0,012 | ≤ 0,01 | 1,8-2,3 | 1,0-1,3 | 0,5-0,7 | 0,10-0,12 | ≤ 0,005 | ≤ 0,08 | ≤ 0,03 | ≤ 0,005 | ≤ 0,01 | ≤ 0,015 | 15X2НМФА класс 1 |

Выплавка стали производится в основной дуговой или мартеновской печах с последующей обработкой на установке внепечного рафинирования и вакуумирования (УВРВ). Слитки массой более 130 т разрешается отливать методом смешения металла нескольких плавок. Разливка слитков массой более 20,8 т производится в вакууме.

Стали марок 15X2НМФА-А и 15X2НМФА класс 1 должны выплавляться на чистой первородной шихте марок 70ЖР – 90ЖР или с использованием металлизированных шихтовых материалов.

При выплавке сталей в основной дуговой печи и при обработке на УВРВ V вводится по расчету на 0,10%; при выплавке стали в дуговой печи для доливки слитков массой более 130 т V вводится по расчету на 0,12%. Содержание V определяется в ковшевой пробе, результаты заносятся в документ о качестве и не являются сдаточными.

Суммарное содержание S и P в стали, обработанной на УВРВ, должно быть не более 0,02%. Содержание Al в стали определяется и заносится в документ о качестве, результат не является сдаточным.

Механические свойства

| НД | Категория заготовок | Вид заготовки | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , | σ _B , | δ, | ψ, | KCV, Дж/см ² | Изгиб | | |
|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|-------------|----------------------------------|--------------------|-------------------|-----|-----------------|----------------------------|-------|----------------------|------|
| | | | | | Н/мм ² | Н/мм ² | % | % | | | | |
| ТУ 0893-013-00212179-2003 | А-А | Поковка | 400 | 20 | 490 | 610 | 15 | 55 | T _K ≤ -25°C | — | | |
| | | | | 350 | 440 | 540 | 14 | 50 | | | | |
| | А | Лист (плита), листовая заготовка | 400 | 20 | 490 | 610 | 15 | 55 | T _K ≤ -10°C | d=2a | | |
| | | | | 350 | 440 | 540 | 14 | 50 | | | | |
| | | Поковка | 400 | 20 | 490 | 610 | 15 | 55 | T _K ≤ -10°C | — | | |
| | | | | 350 | 440 | 540 | 14 | 50 | | | | |
| | | Штампованная заготовка | 400 | 20 | 490 | 610 | 15 | 55 | T _K ≤ 0°C | — | | |
| | | | | 350 | 440 | 540 | 14 | 50 | | | | |
| | -10 | | | — | — | — | — | 39 ¹ | — | | | |
| | -10 | | | — | — | — | — | 49 ² | — | | | |
| | Б | Поковка | 650 | 20 | 440 | 550 | 15 | 55 | T _K ≤ 0°C | — | | |
| | | | | 350 | 390 | 490 | 12 | 45 | | | | |
| | | | | -10 | — | — | — | — | 34 ¹ | — | | |
| | | | | -10 | — | — | — | — | 34 ² | — | | |
| | | | | Лист (плита), листовая заготовка | 400 | 20 | 440 | 550 | 15 | 55 | T _K ≤ 0°C | d=2a |
| | | | | | | 350 | 390 | 490 | 12 | 45 | | |
| | | -10 | — | | | — | — | — | 34 ¹ | — | | |
| | | -10 | — | | | — | — | — | 34 ² | — | | |
| | | Штампованная заготовка | 400 | | | 20 | 440 | 550 | 15 | 55 | T _K ≤ 0°C | — |
| | | | | | | 350 | 390 | 490 | 12 | 45 | | |
| | | | | -10 | — | — | — | — | 34 ¹ | — | | |
| | | | | -10 | — | — | — | — | 34 ² | — | | |
| | В | Поковка | 400 | 20 | 490 | 610 | 15 | 55 | 59 | — | | |
| | | | | 350 | 440 | 540 | 14 | 50 | | | | |
| -10 | | | | — | — | — | — | 39 ¹ | — | | | |
| -10 | | | | — | — | — | — | 39 ² | — | | | |
| Лист (плита), листовая заготовка | | | | 400 | 20 | 490 | 610 | 15 | 55 | 59 | d=2a | |
| | | | | | 350 | 440 | 540 | 14 | 50 | | | |
| | | -10 | — | | — | — | — | 39 ¹ | — | | | |
| | | -10 | — | | — | — | — | 39 ² | — | | | |
| | | Штампованная заготовка | 400 | | 20 | 490 | 610 | 15 | 55 | 59 | — | |
| | | | | | 350 | 440 | 540 | 14 | 50 | | | |
| -10 | | | | — | — | — | — | 39 ¹ | — | | | |
| -10 | | | | — | — | — | — | 39 ² | — | | | |

¹ Значение ударной вязкости KCV при σ_{0,2} менее 540 Н/мм².

² Значение ударной вязкости KCV при σ_{0,2} = 540-590 Н/мм².

15X2НМФА, 15X2НМФА-А, 15X2НМФА класс 1

Механические свойства

Механические свойства определяют на образцах следующих видов:

- продольные — от поковок призматической и цилиндрической формы сплошных и полых при $L > 1,2 D_{нар}$;
- поперечные — от листов (плит), штампованных и листовых заготовок;
- тангенциальные — от штампованных заготовок из разогнутой кованой обечайки, поковок полых кольцевых при $L \leq 1,2 D_{нар}$,

где L — длина заготовки, $D_{нар}$ — наружный диаметр заготовки.

Направление и место вырезки образцов из заготовок, конфигурация которых не предусмотрена настоящими техническими условиями, указываются в эскизе поковки (заготовки).

Механические свойства заготовок должны соответствовать следующим категориям:

- заготовок, штампованных из разогнутой кованой обечайки — требованиям к штампованным заготовкам категории А;
- кованных заготовок обечаек зоны патрубков, изготовленных из стали 15X2НМФА-А — требованиям категорий А или А-А;
- кованных заготовок обечаек активной зоны, изготовленных из стали 15X2НМФА класс 1 — требованиям категории А-А.

Для заготовок категорий А и Б производится подтверждение T_k , для заготовок категории А-А и для заготовок обечайки зоны патрубков (категорий А или А-А) — T_k определяется.

Для заготовок фланца корпуса реактора дополнительно испытывается металл из мест резьбовых отверстий на растяжение при температурах 20 и 350°C и на ударный изгиб при температуре 20°C; при этом устанавливаются следующие значения механических свойств: при 20°C $\sigma_B \geq 610$ Н/мм², $\sigma_{0,2} \geq 490$ Н/мм², $\delta \geq 10\%$, $\psi \geq 55\%$, $KCV \geq 36$ Дж/см²; при 350°C $\sigma_B \geq 540$ Н/мм², $\sigma_{0,2} \geq 440$ Н/мм², $\delta \geq 9\%$, $\psi \geq 50\%$. Дополнительно определяют ударную вязкость при минус 10°C и долю вязкой составляющей на ударных образцах, испытанных при 20°C. Результаты являются не сдаточными и заносятся в документ о качестве. Нормы устанавливают после получения результатов испытаний первых пяти заготовок.

Для обечаек зоны патрубков, изготовленных из стали 15X2НМФА-А, величина T_k (минус 25 или минус 35°C) устанавливается по требованию чертежа или заказа.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | Марка стали | | | | | |
|---------------------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | $T_k \leq -10^\circ\text{C}$ | $T_k \leq 0^\circ\text{C}$ | $T_k \leq -25^\circ\text{C}$ | | |
| ТУ 0893-013-00212179-2003 | Закалка | 900-920 | Вода | 400 | 20 | 490 | 608 | 15 | 55 | $T_k \leq -10^\circ\text{C}$ | 15X2НМФА | | | | | |
| | Отпуск | 640-680 | Воздух | 650 | 20 | 441 | 549 | 15 | 55 | $T_k \leq 0^\circ\text{C}$ | | | | | | |
| | Закалка | 900-920 | Вода | 400 | 20 | 490 | 608 | 15 | 55 | $T_k \leq -25^\circ\text{C}$ | 15X2НМФА-А 15X2НМФА класс 1 | | | | | |
| | Отпуск | 640-680 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |

Назначение. Корпусы и крышки реакторных установок АЭС. Обечайки активной зоны корпуса реактора АЭС.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°C (ПНАЭГ-7-008-89).

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Термообработка | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | Термообработка | Марка стали |
|---|-------------|--------------------|---|--------|---------|---------|--------|--------------------|-------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | | |
| 367,5 | — | Закалка с отпуском | 130-260 | 60-314 | 56-279 | 25-213 | 31-210 | Закалка с отпуском | 15X2НМФА |
| Мягкое нагружение, изгиб с вращением, база 10 ⁷ циклов | | | — | — | 230-270 | 160-220 | 20-210 | Закалка с отпуском | 15X2НМФА-А |

Технологические характеристики [1, 9]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1250-800 | — | С печью | — | — |
| Заготовка | 1250-800 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность | | Температура критических точек, °C | | | |
|--|---|----------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Не чувствительна | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| | | Склонность к отпускной хрупкости | | 700-730 | 810-830 | — | — |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | В закаленном и отпущенном состоянии при $\sigma_B = 608$ Н/мм ² $K_v = 1,18$ (твердый сплав), $K_v = 0,85$ (быстрорежущая сталь) | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|------------------------------------|---|---|------------------------------------|-----------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| 25X2НМФА | | Поковки — ТУ 108-995-81, ТУ 108.1082-82. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108-995-81 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S ¹ | P ¹ | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,23–0,27 | 0,17–0,35 | 0,40–0,70 | ≤ 0,015 | ≤ 0,015 | 1,80–2,20 | 1,30–1,60 | 0,40–0,60 | 0,05 по расчету | ≤ 0,25 | 760 | 820 | — | — |
| ¹ Сумма содержания серы и фосфора не более 0,035%. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ТУ 108-995-81 | Закалка I | 910–920 | Вода | До 1800 | 520–687 ² | 657 | 16 | 45 | 59 | 150 | 270 | | |
| | Закалка II | 880–890 | Вода | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 630–650 | С печью до 400°С, далее на воздухе | | | | | | | | | 520–687 ³ | 657 |
| ТУ 108.1082-82 | Закалка | — | — | — | 520–687 ³ | 657 | 14 | 40 | 59 | 120 | 270 | | |
| | Отпуск | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| ² Образцы продольные. | | | | | | | | | | | | | |
| ³ Образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Диски и хвостовики сварных роторов паровых турбин тепловых и атомных электростанций. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | | | | | | | | | | В яме | | | |
| Заготовка | 1200–850 | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обработываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ с подогревом и последующей термообработкой. | | | | В состоянии нормализации и отпуска при 270 НВ и σ _в = 650 Н/мм ² K _v = 1,0 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Умеренная | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|--|--------------------|--------------------------------------|---|-----------|-----------|--|-----|---------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| 36Х2Н2МФА (36ХН1МФА) | | Поковки — ГОСТ 8479–70, ТУ 108.13.32–88. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,33–0,40 | 0,17–0,37 | 0,25–0,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,30–1,70 | 1,30–1,70 | 0,30–0,40 | 0,10–0,18 | — | — | ≤ 0,30 | 740 | 780 | 300 | 400 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | КП | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 800–820 | С печью | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 269 | | | | |
| | Закалка Отпуск | 835–865 550–650 | Масло Воздух | До 80 | 1080 | 1180 | 12 | 50 | 78 | — | — | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 1080 | 1180 | 10 | 45 | 70 | | | | | | |
| Свыше 150 | 1080 | 1180 | 9 | 40 | 66 | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка | 830–860 | Масло | 100–300 | 785 | 930 | 11 | 35 | 49 | 785 | 293–331 | | | | |
| | | | | 300–500 | 785 | 930 | 10 | 30 | 39 | 785 | | | | | |
| | Отпуск | 550–650 | Воздух | 300–500 | 735 | 880 | 11 | 30 | 39 | 735 | 277–321 | | | | |
| | | | | 500–800 | 685 | 835 | 10 | 30 | 39 | 685 | 262–311 | | | | |
| 500–800 | 640 | 785 | 10 | 30 | 39 | 640 | 248–293 | | | | | | | | |
| ТУ 108.13.32–88 | Закалка | — | — | 801–1100 | 490 | 655 | 11 | 30 | 39 | — | 212–248 | | | | |
| | Отпуск | | | 1101–1500 | 490 | 655 | 10 | 30 | 34 | — | | | | | |
| Назначение. Шестерни, валы, муфты, оси и другие крупные особо ответственные детали, зубчатые колеса, торсионные валы, гребные винты, роторы турбин. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | | | | |
| — | — | — | | | | 78 | — | 71 | 64 | 53 | 48 | Закалка 850°С, масло. Отпуск 550°С, воздух. | | | |
| | | | | | | 110 | — | 101 | 90 | 74 | 66 | Закалка 850°С, масло. Отпуск 600°С, воздух. | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1180–780 | | | | | 1. До 50 | | | 1. В ящиках | | | | | | |
| Заготовка | 1240–780 | | | | | 2. 51–700 (кроме турбинных дисков) | | | 2. Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | | |
| | | | | | | 3. Турбинные диски до 450 | | | 3. Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | В состоянии нормализации и отпуска при 331 НВ и σ _в = 930 Н/мм ² K _ν = 0,6 (твердый сплав), K _ν = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|-------------------------|--|-----------------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 38X2H2MA (38XHMA) | | Поковки — ГОСТ 8479–70. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,33–0,40 | 0,17–0,37 | 0,25–0,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,30–1,70 | 1,30–1,70 | 0,20–0,30 | — | — | — | ≤ 0,30 | 720 | 770 | 370 | 490 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | КП | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг или отпуск | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 269 | | | | | |
| | Закалка | 835–905 | Масло | До 80 | 930 | 1080 | 12 | 50 | 78 | | | | | | | |
| | Отпуск | 550–610 | Воздух или масло | Свыше 80 до 150 | 930 | 1080 | 10 | 45 | 70 | — | — | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка | 870 | Масло | До 100 | 785 | 930 | 12 | 40 | 59 | 785 | 293–331 | | | | | |
| | Отпуск | 580 | Воздух или масло | До 100 | 735 | 880 | 13 | 40 | 59 | 735 | 277–321 | | | | | |
| | | | | 500–800 | 440 | 635 | 11 | 30 | 39 | 440 | 197–235 | | | | | |
| Назначение. Валы, шестерни, шатуны, болты, шпильки и другие крупные особо ответственные тяжело нагруженные детали сложной конфигурации. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства стали в зависимости от сечения заготовки ¹ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Диаметр заготовки, мм | | σ _{0,2} , Н/мм ² | | σ _B , Н/мм ² | | δ, % | | KCU, Дж/см ² | | Термообработка | | | | | | |
| 16 | | 1000 | | 1300 | | 9 | | 40 | | Закалка 870°С, масло. Отпуск 580°С, масло | | | | | | |
| 16–40 | | 900 | | 1100–1300 | | 10 | | 50 | | | | | | | | |
| 40–100 | | 800 | | 1000–1200 | | 11 | | 60 | | | | | | | | |
| 100–160 | | 700 | | 900–1100 | | 12 | | 60 | | | | | | | | |
| 160–250 | | 600 | | 800–1000 | | 12 | | 60 | | | | | | | | |
| ¹ Образцы вырезались из центра заготовки. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Состояние стали | | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | Сечение, мм | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | | | | + 20 | 0 | – 40 | – 50 | | | | | | |
| 363 | — | 5·10 ⁶ | σ _{0,2} = 880 Н/мм ² | | | | 137 | — | 129 | 122 | 30 | Закалка 860°С, масло. Отпуск 560°С, вода | | | | |
| | | | | | | | 144 | — | 138 | 112 | 50 | | | | | |
| | | | | | | | 150 | — | 93 | 85 | 80 | | | | | |
| 300 | — | 5·10 ⁶ | σ _{0,2} = 520 Н/мм ² , σ _B = 720 Н/мм ² | | | | 144 | — | 76 | 73 | 120 | | | | | |
| | | | | | | | 66 | — | 34 | — | 200 | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | | | Медленное | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при 210 НВ и σ _B = 650 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--|---------|---------|-----------|-----------|-----------------|---|---|----|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
| 40X2H2MA (40X1HBA) | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. Поковки — ГОСТ 8479–70. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo ¹ | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,35–0,42 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,25–1,65 | 1,35–1,75 | 0,20–0,30 | — | — | — | ≤ 0,30 | 740 | 805 | — | — |
| ¹ Допускается полная или частичная замена молибдена вольфрамом из расчета: три массовые части вольфрама заменяют одну массовую часть молибдена. | | | | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг или отпуск | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 255 |
| | Закалка | 855–885 | Масло | До 80 | 930 | 1080 | 10 | 45 | 78 | — | — |
| | Отпуск | 550–650 | Вода или масло | Свыше 80 до 150 | 930 | 1080 | 8 | 40 | 70 | — | — |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка Отпуск | 850–890 550–650 | Масло Воздух | До 100 | 735 | 880 | 13 | 40 | 59 | — | 277–321 |
| | | | | 300–500 | 640 | 785 | 11 | 33 | 44 | — | 248–293 |
| | | | | 300–500 | 590 | 735 | 12 | 35 | 44 | — | 235–277 |

Назначение. Коленчатые валы, шатуны, анкерные шпильки и другие тяжело нагруженные ответственные детали дизелей. Детали автомобилестроения и станкостроения.

Сталь имеет низкую коррозионную стойкость.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|-----------------|---|---|---|-----|-----|-----|-----|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | +20 | 0 | –20 | –40 | –60 | –80 | |
| 520 | — | 10 ⁶ | Закалка 890°С. Отпуск 580°С, вода. $\sigma_{0,2} = 1080$ Н/мм ² ; $\sigma_b = 1200$ Н/мм ² | 50 | — | 41 | 36 | 35 | — | Закалка 880°С, масло. Отпуск 200°С, масло |
| | | | | 139 | — | 122 | 128 | 125 | — | Закалка 820°С, масло. Отпуск 600°С, вода |
| | | | | 120 | — | — | 105 | 85 | — | $\sigma_{0,2} = 780$ Н/мм ² ; $\sigma_b = 970$ Н/мм ² ; $\delta_5 = 20\%$; $\psi = 61\%$ |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–800 | | | До 100 | На воздухе |
| Заготовка | 1200–800 | | | 101–350 | В яме |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | В горячекатаном состоянии при ≤ 255 HB и $\sigma_b = 770$ Н/мм ² $K_v = 0,7$ (твердый сплав), $K_v = 0,4$ (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--|---------|---------|-----------|-----------|-----------|---|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 14X2H3MA | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °C | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,12–0,17 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,50–1,75 | 2,75–3,15 | 0,20–0,30 | — | ≤ 0,30 | 725 | 730 | — | — | 355 |
| ¹ Температура нагрева 850°C. | | | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | |
|--------------|----------------------|--------|-------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 269 | | | | | |
| | Закалка | 880 | Масло | До 80 | 885 | 980 | 10 | 45 | 78 | — | — | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 885 | 980 | 8 | 40 | 70 | | | | | | | |
| Отпуск | 180 | Воздух | Свыше 150 | 885 | 980 | 7 | 35 | 66 | | | | | | | | |

Назначение. Оси, валы, шестерни и другие крупные особо ответственные тяжело нагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности, вязкости, износостойкости, подвергающиеся высоким вибрационным и динамическим нагрузкам.

Сталь может применяться для деталей, работающих при температуре от – 70°C до + 50°C.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–800 | До 300 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | До 350 | В яме |
| Заготовка | 1200–800 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и ЭШ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | В состоянии после закалки и отпуска при 269 НВ и $\sigma_B = 980$ Н/мм ² $K_v = 0,7$ (твердый сплав), $K_v = 0,6$ (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--|---|------------------------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 38X2H3M | | Поковки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,35–0,42 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,030 | 1,00–1,50 | 2,75–3,25 | 0,30–0,40 | — | — | — | ≤ 0,25 | 730 | 780–800 | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | t испытания, °С | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ДЦ | Нормализация | 850–870 | Воздух | Поковки До 600 ¹ | 835 | 980 | 11 | — | — | 20 | 269–321 | | | | |
| | Отпуск | 500–520 | Печь | | 635 | 735 | 11 | — | — | 450 | — | | | | |
| | Закалка | 850–870 | Масло | Поковки До 600 ¹ | 980 | 1080 | 11 | — | — | 20 | 321–387 | | | | |
| | | | | | Отпуск | 510–540 | Печь или воздух | 735 | 835 | 12 | — | — | 450–470 | — | |
| | Нормализация ² | 850–870 | Воздух | | Поковки До 1300 | Не определяются | | | | | | 207–302 | | | |
| Отпуск | | | | | | 580–620 | Печь | | | | | | | | |
| ¹ Образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | | | | | |
| ² Режим термообработки для шевронных валов и других деталей. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Особо ответственные крупные детали контейнеров с высокими требованиями по механическим свойствам при повышенных температурах, шевронные валы и т.д. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °С | Длительность, ч | | | Балл стойкости | | | | | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | | 300 | — | | | 1–2 | | | | | | |
| Точечная | | Вода деминерализованная | | | 300 | — | | | Подвержена | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | | | | | До 100 | | | | На воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | 101–350 | | | | В яме | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при ≤ 269 HB K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | | | | Сильно чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | Мало склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---------------------------------|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|------|----------------------------------|---|--------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 12Х2Н4А | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,09–0,15 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,25–1,65 | 3,25–3,65 | — | — | — | — | ≤ 0,30 | 745 | 800 | 625 | 675 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отпуск | 630–650 | Воздух | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 269 | | | | |
| | Закалка I | 860 | Масло | До 80 | 930 | 1130 | 10 | 50 | 88 | — | — | | | | |
| | Закалка II | 760–800 | Масло | Свыше 80 до 150 | 930 | 1130 | 8 | 45 | 79 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 180 | Воздух или масло | Свыше 150 | 930 | 1130 | 7 | 40 | 75 | — | — | | | | |
| ДЦ | Цементация | 920–950 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| | Закалка | 780–800 | Масло | До 60 ¹ | 930 | 1180 | 10 | 50 | 78 | Поверхности 58–62 | Сердцевины 255–302 | | | | |
| | Отпуск | 180–200 | Воздух | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| ¹ Механические свойства сердцевины ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Зубчатые колеса, валы, ролики, поршневые пальцы и другие крупные особо ответственные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности, пластичности и вязкости сердцевины и высокой поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок или при отрицательных температурах. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | | | |
| 630 | — | 10 ⁶ | Закалка 860°С, масло. Закалка 780°С, масло. Отпуск 180°С. σ _{0,2} = 1030 Н/мм ² , σ _B = 1220 Н/мм ² . | 102 | — | — | 91 | — | — | Закалка 850°С, масло. Отпуск 200°С, 1 ч. 39 HRC. Газовая цементация 910°С (по 4-м граням), 3 ч. Закалка 810°С, масло. Отпуск 200°С, 1 ч. Глубина слоя 0,65 мм; 57 HRC поверхности. | | | | | |
| 421 | — | 10 ⁶ | Закалка 860°С, масло. Отпуск 180°С. σ _{0,2} = 980 Н/мм ² , σ _B = 1180 Н/мм ² . | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| 519 | — | 10 ⁶ | Нормализация 920°С, воздух. Закалка 810°С, масло. Отпуск 200°С. σ _{0,2} = 1140 Н/мм ² , σ _B = 1350 Н/мм ² . | 34 | — | — | 25 | — | — | | | | | | |
| 676 | — | 10 ⁶ | Цементация 910°С. Закалка 790°С, масло. Отпуск 200°С. σ _{0,2} = 930 Н/мм ² , σ _B = 1180 Н/мм ² . | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток | 1220–850 | До 50 | На воздухе | | | До 100 | На воздухе | | | | | | | | |
| Заготовка | 1220–800 | 51–180 | В колодце | | | 101–300 | В яме | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | | После отпуска при 183–187 НВ K _v = 1,25 (твердый сплав), K _v = 0,95 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|---|
| 20X2H4A | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,16–0,22 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,25–1,65 | 3,25–3,65 | ≤ 0,30 | 710 | 800 | 640 | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 4543–71 | Отпуск | 630–650 | Воздух | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 269 | |
| | Закалка I | 860 | Воздух | До 80 | 1080 | 1270 | 9 | 45 | 78 | — | — | |
| | Закалка II | 780 | Масло | Свыше 80 до 150 | 1080 | 1270 | 7 | 40 | 70 | — | — | |
| | Отпуск | 180 | Воздух или масло | Свыше 150 | 1080 | 1270 | 6 | 35 | 66 | — | — | |
| [1] | Цементация | 920–950 | | До 150 ² | 835 | 1080 | 9 | 35 | 78 | Поверхности 56–63 | Сердцевины 321–420 | |
| | Нормализация | 900–920 | Воздух | | | | | | | | | |
| | или закалка ¹ | 880–920 | Масло | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 630–660 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Закалка | 780–820 | Масло | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 150–200 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Цементация | 900–920 | Воздух | | | | | | | | | До 50 ² |
| Закалка | 780–810 | Масло | | | | | | | | | | |
| Отпуск | 180–200 | Воздух | | | | | | | | | | |
| ¹ Операция применяется для особо ответственных или сложной конфигурации деталей с целью понижения устойчивости остаточного аустенита в цементованном слое, получения более высокой и равномерной твердости поверхности после закалки и низкого отпуска и уменьшения деформации. ² Механические свойства ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются. | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Шестерни, вал-шестерни, пальцы и другие особо ответственные высоконагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности, пластичности и вязкости сердцевины и высокой поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок или при отрицательных температурах. | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | KCU, Дж/см ² | HB | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | Термообработка |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 70 | |
| 617 | 372 | 150 | 1050 | 1225 | 118 | 360 | 147 | — | 147 | 157 | — | Закалка 820°С, масло. Отпуск 500°С |
| 333 | 230 | — | 610 | 730 | — | 238 | 65 32 | — — | 61 33 | 63 35 | 62 30 | Закалка 880°С, масло. Закалка 780°С, масло. Отпуск 200°С. Образцы из поковки: продольные поперечные |
| 382 | — | — | 680 | 960 | — | 322 | | | | | | |
| 421 | — | — | 850 | 940 | — | — | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1200–800 | До 500 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | До 100 | | На воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | 101–350 | | В яме | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокоочувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | В состоянии после нормализации и отпуска при 256 HB и σ _в = 880 Н/мм ² K _v = 0,72 (твердый сплав), K _v = 0,63 (быстрорежущая сталь) | | | | Сильно чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | Мало склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|---|---|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|---|--------------------|-----------------|-----------------|--|
| 18X2H4MA (18X2H4BA) | | Поковки — ГОСТ 8479–70, ОСТ 108.958.04–85. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °C | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,14–0,20 | 0,17–0,37 | 0,25–0,55 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,35–1,65 | 4,00–4,40 | 0,30–0,40 | — | ≤ 0,30 | 700 | 810 | 350 | 400 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг или отпуск | | | Свыше 5 | Не определяются | | | | | | | — | ≤ 269 | |
| | Закалка I | 935–965 | Воздух | До 80 | 835 | 1130 | 12 | 50 | 98 | — | — | — | | |
| | Закалка II | 845–875 | Воздух | Свыше 80 до 150 | 835 | 1130 | 10 | 45 | 88 | | | | | |
| | Отпуск или отпуск | 170–230 | Воздух или масло | Свыше 150 | 835 | 1130 | 9 | 40 | 83 | — | | | | |
| | Отпуск | 500–600 | Воздух или масло | 15 | 785 | 1030 | 12 | 50 | 118 | — | — | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка | 860–880 | Масло | До 100 | 785 | 930 | 12 | 40 | 59 | — | 293–331 | | | |
| | Отпуск | 525–575 | Воздух | 100–300 300–500 | 735 685 | 880 835 | 12 11 | 35 33 | 49 39 | — | 277–321 262–311 | | | |
| ДЦ | Нормализация ¹ Отпуск | 920–960 630–680 | Воздух Воздух | — | 590 | 780 | — | 60 | — | — | 197–269 | | | |
| | Цементация Нормализация или Закалка ² Отпуск (двойной) | 920–950 900–950 900–950 630–650 | Воздух Масло Воздух | До 80 ³ | 1275 | 1375 | 12 | — | 88 | Поверхности ≥ 56 | Сердцевины 321–400 | | | |
| ¹ Режим для улучшения обрабатываемости резанием. | | | | | | | | | | | | | | |
| ² Операция применяется при обработке крупных деталей сложной конфигурации для понижения устойчивости остаточного аустенита в цементованном слое, получения более равномерной твердости с поверхности после закалки и отпуска и уменьшения деформации. | | | | | | | | | | | | | | |
| ³ Механические свойства сердцевины ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются. | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Коленчатые валы, шестерни, валы-шестерни и другие крупные особо ответственные тяжело нагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности, вязкости, износостойкости, подвергающиеся высоким вибрационным и динамическим нагрузкам. Сталь может применяться для деталей, работающих при температуре от –70°C до +450°C. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | | +20 | 0 | –20 | –40 | –60 | | | | | |
| 540 | — | 5·10 ⁶ | Закалка 850°C, масло. Отпуск 180°C. σ _{0,2} = 1070 Н/мм ² ; σ _в = 1360 Н/мм ² | | 143 | — | 134 | 130 | 114 | Закалка 850°C, воздух. Отпуск 170°C, воздух | | | | |
| 475 | — | 5·10 ⁶ | Закалка 850°C, масло. Отпуск 400°C. σ _{0,2} = 1140 Н/мм ² ; σ _в = 1220 Н/мм ² | | | | | | | | | | | |
| 540 | 228 | 5·10 ⁶ | σ _в = 1270 Н/мм ² | | | | | | | | | | | |
| 470 | 226 | 5·10 ⁶ | σ _в = 910 Н/мм ² | | 108 | — | — | 88 | — | Закалка 880°C, масло. Отпуск 560°C. σ _в = 1310 Н/мм ² | | | | |
| 696 | — | — | σ _{0,2} = 1110 Н/мм ² ; σ _в = 1230 Н/мм ² ; 383 НВ | | | | | | | | | | | |
| 774 | — | — | σ _{0,2} = 1180 Н/мм ² ; σ _в = 1300 Н/мм ² ; 404 НВ | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | До 300 | | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | До 350 | | В яме | | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. | | | В состоянии после закалки и отпуска при 277–321 НВ и σ _в = 880 Н/мм ² K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | Сильно чувствительна | | | | | | | |
| Способы сварки: РД, РАД, АФ и ЭШ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---------------------------------|---|--------------------|---|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|--|
| 25X2H4MA (25X2H4BA) | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | |
| 0,21–0,28 | 0,17–0,37 | 0,25–0,55 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,35–1,65 | 4,00–4,40 | 0,30–0,40 | — | — | ≤ 0,30 | 660 | 755 | — | — | 300 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | — | — | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 269 | | | | | |
| | Закалка | 850 | Масло | До 80 | 930 | 1080 | 11 | 45 | 88 | — | — | | | | | |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 930 | 1080 | 9 | 40 | 79 | — | — | | | | | |
| Отпуск | 560 | Масло | Свыше 150 | 930 | 1080 | 8 | 35 | 75 | — | — | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 850 | Масло | 20 | 800 | 980 | 19 | 60 | 150 | — | — | | | | | |
| | | | | 50 | 780 | 950 | 21 | 58 | — | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 600 | Масло | 100 | 760 | 950 | 20 | 65 | — | — | — | | | | | |
| | | | | 150–200 | 750 | 940 | 20 | 65 | — | — | — | | | | | |
| Назначение. Крупногабаритные шатуны, муфты и другие детали большой вязкости и прокаливаемости (для дизелестроения). | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | | | | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | | — | | — | | | — | | — | | | | | | | |
| Заготовка | | — | | — | | | — | | — | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и ЭШ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | В состоянии после закалки и отпуска при σ _b = 980 Н/мм ² K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | | Сильно чувствительна | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Мало склонна | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | НД |
|---|----------------------|--|--------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--------------------|-------------------|
| 25X2H4MФА | | Поковки — ОСТ 108.961.05–80, ТУ 108.1029–81. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | НД |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Fe | |
| 0,21–0,29 | 0,17–0,37 | 0,25–0,55 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 1,60–1,90 | 3,30–3,70 | 0,35–0,60 | 0,10–0,20 | ≤ 0,25 | Остальное | ОСТ 108.961.05–80 |
| 0,21–0,29 | 0,17–0,37 | 0,25–0,55 | ≤ 0,015 | ≤ 0,015 | 1,60–1,90 | 3,40–3,70 | 0,35–0,55 | 0,08–0,15 | ≤ 0,25 | Остальное | ТУ 108.1029–81 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | КП |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.05–80 | Закалка | 910–920 | Масло 120–150°C | Роторы | | | | | | | |
| | Закалка | 880–890 | Через воду в масло | и диски | 667–834 | 814 | 12 | 40 | 49 | 120 | 675–834 |
| | Отпуск | 630–650 | Печь | | | | | | | | |

Примечания.

1. Пробы для определения механических свойств должны вырезаться из припусков заготовок холодным способом после окончательной термической обработки из мест, указанных в чертеже заготовки. При этом должны соблюдаться следующие положения:

1.1. Для роторов:

— сечение припусков для проб на концах заготовки должно быть таким же, как и сечение самой заготовки в месте расположения припуска. Припуск для пробы на бочке ротора должен быть равномерным продолжением бочки по длине. Допускается уменьшение сечения продольной пробы до сечения шейки под подшипник (рабочей шейки);

— продольные образцы вырезаются с обоих концов заготовки на расстоянии одной трети радиуса от поверхности заготовки;

— тангенциальные образцы вырезаются из колец от конца бочки. При длине бочки более 1 м кольца вырезаются с обеих сторон бочки. При повторных испытаниях разрешается изготовление образцов из колец, лежащих глубже;

— из каждой продольной пробы изготавливают по одному образцу на разрыв и на изгиб, и по два образца на ударную вязкость; из кольца от бочки ротора — по два образца на разрыв, по два образца на ударную вязкость и по одному образцу на изгиб. Образцы на разрыв и ударную вязкость вырезают из диаметрально противоположных мест;

(По согласованию между изготовителем и потребителем допускается производить механические испытания только по продольных или только на тангенциальных образцах. От заготовки ротора компрессора ГТУ ГТК–10 образцы на изгиб отбираются только от бочки.)

1.2. Для дисков:

— от заготовок дисков с чистовым диаметром отверстия ступицы более 250 мм проба берется от внутренней части ступицы. При чистовом диаметре втулочного отверстия менее 250 мм проба вырезается от торца ступицы или с внешней стороны ступицы. От заготовок дисков КП 685 и выше при высоте ступицы от 400 мм и более дополнительно вырезают пробы из средней трети высоты ступицы. При изготовлении дисков без центрального отверстия места отбора проб согласовываются между изготовителем и потребителем;

— от заготовок дисков с диаметром отверстия более 250 мм для определения механических свойств из каждой пробы вырезают по два образца на разрыв; два — на ударную вязкость и один — на изгиб. От заготовок дисков КП 685 и выше с высотой ступицы более 400 мм вырезают дополнительно два образца на ударную вязкость. От заготовок дисков с диаметром отверстия менее 250 мм вырезают один образец на разрыв и два — на ударную вязкость. Образцы на разрыв и ударную вязкость вырезают из диаметрально противоположных мест.

1.3. При необходимости определения предела текучести при повышенной температуре из пробы дополнительно вырезается один образец на разрыв.

2. Испытания на растяжение должны производиться по ГОСТ 1497–84 на цилиндрических образцах типа III № 4, допускается применение образцов III № 6. Определение предела текучести при повышенных температурах производится по ГОСТ 9651–84 на образцах 4К, допускается применение образцов типа 2К и 3К.

Испытания на ударную вязкость производятся по ГОСТ 9454–78 на образцах КСУ I.

25X2H4MФА

Механические свойства при комнатной температуре

3. Определение твердости должно производиться по ГОСТ 9012–59. В случае невозможности измерения непосредственно на заготовке допускается производить измерение на кольцах, вырезанных для механических испытаний или определения остаточных напряжений. Измерение твердости переносными приборами допускается только по соглашению между изготовителем и потребителем.

4. В случаях, если полученные механические свойства заготовок роторов и дисков не удовлетворяют требованиям сдаточных характеристик, производится повторное испытание на удвоенном количестве образцов для того вида испытаний, который показал неудовлетворительные результаты.

При получении неудовлетворительных результатов повторного испытания, хотя бы на одном образце, заготовка ротора и диска не принимается, но может быть подвергнута повторной термической обработке и вновь предъявлена для приемки. Количество повторных термических обработок допускается не более двух при закалке и трех при нормализации. Дополнительный отпуск не считается повторной термической обработкой.

После повторной термической обработки и дополнительного отпуска все механические испытания производятся полностью.

5. Проба на изгиб должна производиться в холодном состоянии по ГОСТ 14019–2003.

6. Заготовки роторов и дисков должны контролироваться на наличие остаточных напряжений.

7. Заготовки роторов и дисков должны подвергаться контролю по макроструктуре. Контроль макроструктуры производится травлением и снятием серных отпечатков в местах, указанных в сдаточном чертеже, на поверхностях шероховатостью не более R_a 1,25 мкм.

8. Травление и снятие серных отпечатков должно производиться по инструкции предприятия-изготовителя.

9. Для выявления внутренних дефектов каждая заготовка ротора и диска подвергается ультразвуковому контролю (УЗК).

9.1. Шероховатость поверхности, подвергаемой УЗК, не должна быть более R_a 2,5 мкм.

9.2. Ультразвуковой контроль заготовок дисков и роторов должен производиться по ОСТ 108.958.03–83.

10. Перископическому осмотру подвергается внутренняя поверхность осевого канала диаметром до 300 мм.

11. Тепловое испытание заготовок роторов должно производиться согласно РТМ 108.021.02–85 после предварительной механической обработки. Допускается проведение дополнительных тепловых испытаний после окончательной механической обработки.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ |
|----------------|----------------------|---------|--------------------|---------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.1029–81 | Закалка | 910–920 | Масло 120–150°C | Валы и роторы | 667–834 ¹ | 804 | 14 | 45 | 59 | 150 | — |
| | Закалка | 880–890 | Через воду в масло | | 667–834 ² | 785 | 12 | 40 | 49 | 120 | — |
| | Отпуск | 630–650 | Печь | | | | | | | | |

¹ Продольные образцы.

² Тангенциальные образцы из бочки.

Назначение. Роторы и диски стационарных газовых турбин и компрессоров, валы и роторы паровых турбин.

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–800 | До 300 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | До 350 | В яме |
| Заготовка | 1180–800 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Удовлетворительно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и ЭШ. Необходим подогрев | В отожженном состоянии при 187–217 НВ $K_v = 0,7$ (твердый сплав), $K_v = 0,6$ (быстрорежущая сталь) | Повышенно чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|---|-------------------|---|-----------|--------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|----------|
| 22Х3М | | Поковки — ТУ 108.11.917–87, ТУ 572–64 (Ижорского завода). | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.11.917–87 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,20–0,25 | 0,20–0,40 | 0,50–0,80 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,00–3,50 | ≤ 0,30 | 0,40–0,50 | ≤ 0,30 | 770 | 835 | — | — | 360 |
| Температура нагрева 900°С | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 23304–78 | После предварительной термообработки | | | Свыше 800 | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 255 | |
| ТУ 572–64 | Нормализация ¹ | 890–910 | Воздух | До 150 ³ | 20 | 440 | 590 | 15 | 32 | 49 | — | — | |
| | Отпуск | 650–720 | Воздух или печь | До 150 ³ | 300 | 340 | 470 | — | — | — | — | — | |
| | Закалка ² | 890–910 | Масло | До 550 ³ | 20 | 440 | 590 | 15 | 32 | 49 | — | — | |
| | Отпуск | 650–720 | Воздух | До 550 ³ | 300 | 340 | 490 | — | — | — | — | — | |
| ¹ Режим для свариваемых деталей. | | | | | | | | | | | | | |
| ² Режим для несвариваемых деталей. | | | | | | | | | | | | | |
| ³ Образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Цельнокованые и сварно-кованые сосуды высокого давления. | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обработываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ | | | | В отожженном состоянии при 157 НВ и σ _в = 530 Н/мм ² K _v = 1,5 (твердый сплав), K _v = 1,1 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---|-----------|---|---------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | |
| 18X3МВ (ЭИ 578) | | Трубы стальные бесшовные — ТУ 14-3-251-74. Трубы холоднодеформированные из котельных марок сталей — ТУ 14-3-463-76. Трубы стальные горячедеформированные — ТУ 14-3Р-25-98. | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 20072-74 | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W |
| 0,15-0,20 | 0,17-0,37 | 0,25-0,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 2,50-3,00 | ≤ 0,30 | 0,50-0,70 | 0,05-0,15 | 0,50-0,80 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
|----------------------|----------------------|---------|----------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 20072- 74 | Закалка | 950-970 | Масло | До 200 | 440 | 640 | 18 | — | 118 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 660-680 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |

Примечания.

1. Нормы твердости горячекатаной и кованой термически обработанной стали, а также калиброванной и калиброванной шлифованной термически обработанной или нагартованной стали устанавливаются по согласованию между изготовителем и потребителем.

2. Нормы механических свойств относятся к образцам, отобранным от прутков диаметром или толщиной до 90 мм включительно. При испытании прутков диаметром или толщиной свыше 90 до 150 мм допускается понижение δ на 2 абс. %, ψ на 5 абс. % и КСУ на 10 отн. % по сравнению с нормами, указанными в таблице. Для прутков диаметром или толщиной 151 мм и выше допускается понижение δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. % и КСУ на 15 отн. %. Нормы механических свойств прутков диаметром или толщиной свыше 90 мм, перекаленных или перекованных на круг или квадрат размером 90 мм, должны соответствовать требованиям таблицы.

Назначение. Валы, диски и цельнокованые роторы стационарных и транспортных паровых турбин из слитков весом до 68 т, крепеж и другие детали, работающие при температуре от 500°C до 560°C. Трубы и детали трубопроводов высокого давления для химической аппаратуры. Трубы для гидрогенизационных установок.

Рекомендуемая температура применения 450-500°C.

Сталь теплоустойчивая.

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------------------|-------|----------------------|----------------|-------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|----|--------------------|--------------|--------|-----|-----|-----|----|----|---|---|-----|-----|-----|----|----|---|---|-----|-----|-----|----|----|---|---|-----|-----|-----|----|----|---|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Образцы продольные | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [80] | Закалка | 980 | Масло | Труба | 20 | 530 | 680 | 25 | 75 | 256 | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Отпуск | 700-710, 3 ч | Воздух | 200 | 470 | 590 | 22 | 78 | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 300 | 460 | 570 | 20 | 76 | — | — | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 400 | 430 | 560 | 19 | 74 | — | — | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 450 | 420 | 540 | 21 | 75 | — | — |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Пределы ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | |
|----------------------|----------------------|---------|----------------------|-------|--|---------|--------|-----|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1/10 ⁴ | | | | | |
| | | | | | 1/10 ⁵ | | | | | |
| ГОСТ 20072- 74 | Закалка | 890-910 | Масло | 450 | 226 | | | | | |
| | | | | | Отпуск | 660-680 | Воздух | 500 | 118 | |
| | | | | | | | | | 550 | 74 |

18Х3МВ (ЭИ 578)

Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $t_{отп.}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
|------|----------------------|--------------|-------------------|-------------|--------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|--|
| | Операция | t , °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [80] | | | | Труба | | не менее | | | | | | |
| | | | | | Образцы продольные | | | | | | | |
| | Закалка | 980 | Масло | | 20 | 690 | 785 | 21 | 75 | 235 | 241 | |
| | Отпуск | 680–690, 3 ч | | | 350 | 578 | 656 | 20 | 74 | — | — | |
| | | | | | 400 | 530 | 640 | 17 | 74 | — | — | |
| 450 | | | | 530 | 630 | 19 | 75 | — | — | | | |
| | | | 600 | 500 | 560 | 19 | 79 | — | — | | | |

Чувствительность к охрупчиванию при старении

Жаростойкость (ГОСТ 20072–74)

| Время, ч | t , °С | КСУ, Дж/см ² | Среда | t , °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч |
|--------------------|----------|-------------------------|--|----------|---------------------------|-------------------|
| Исходное состояние | | — | Начало интенсивного окалинообразования при температуре 600°С | | | |
| — | — | — | | | | |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|---|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1240–800 | До 50 | В ящиках | До 50 | В ящиках |
| Заготовка | 1240–780 | 51–700 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | 51–700 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение |

Свариваемость

Обрабатываемость резанием

| | |
|---|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | В закаленном и отпущенном состоянии при $\sigma_{в} = 680$ Н/мм ² $K_{\psi} = 0,9$ (твердый сплав), $K_{\psi} = 0,5$ (быстрорежущая сталь) |
|---|---|

| | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|---|---------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|--------|-----------------------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
| 20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579), 20Х3МВФА | | Сортовой прокат — ГОСТ 20072–74. Заготовки валов и роторов паровых турбин — ТУ 108.1029–81. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | НД |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Cu | |
| 0,15–0,23 | 0,17–0,37 | 0,25–0,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 2,80–3,30 | ≤ 0,30 | 0,35–0,55 | 0,60–0,85 | 0,30–0,50 | ≤ 0,20 | ГОСТ 20072–74 ¹ |
| 0,17–0,24 | ≤ 0,40 | 0,25–0,60 | ≤ 0,022 | ≤ 0,025 | 2,40–3,30 | ≤ 0,50 | 0,35–0,55 | 0,60–0,85 | 0,30–0,50 | ≤ 0,25 | ТУ 108.1029–81 ² |

¹ Массовая доля S в стали, выплавленной методом ЭШП, должна быть не более 0,015%.

² Сумма S и P должна быть не более 0,040%.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ ¹ |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|---------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-----------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20072–74 | Закалка | 1030–1060 | Масло | До 90 | 735 | 880 | 12 | 40 | 59 | — | 269 |
| | | | | От 91 до 150 | 735 | 880 | 10 | 35 | 53 | — | 269 |
| | | | | От 151 и выше | 735 | 880 | 9 | 30 | 50 | — | 269 |

¹ Твердость горячекатаной и ковальной отожженной, отпущенной или нормализованной с высоким отпуском стали должна быть не более 269 НВ.

Макроструктура стали должна соответствовать требованиям, указанным в таблице.

| Способ выплавки стали | Макроструктура в баллах, не более | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------|
| | Центральная пористость | Точечная неоднородность | Ликвационный квадрат | Общая пятнистая ликвация |
| Открытая выплавка | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Метод электрошлакового переплава | 1 | 1 | 1 | 1 |

В стали, полученной методом электрошлакового переплава, допускается послышная кристаллизация и светлый контур не более балла 3 по ГОСТ 10243–75.

По требованию потребителя сталь изготавливают:

- с нормированной характеристикой длительной прочности σ_{100} не менее 343 Н/мм² при температуре 550°C;
- с нормированной величиной зерна, которая должна быть не крупнее номера 5 по ГОСТ 5639–82;
- с контролем на загрязненность неметаллическими включениями для стали, предназначенной для изготовления крепежных деталей;
- с контролем на внутренние дефекты металла методом ультразвукового контроля (УЗК);
- с контролем механических свойств, определяемых на образцах, отобранных от термически обработанных заготовок указанного в заказе размера, но не более 100 мм.

Для проверки качества стали от партии отбирают:

- для проверки качества поверхности — все прутки, полосы или мотки;
- для проверки твердости — не более 5%, но не менее пяти прутков, полос или мотков;
- для испытания на осадку — по три прутка, полосы или мотка;
- для испытания на растяжение, ударную вязкость, длительную прочность — по два прутка, полосы или мотка;
- для определения величины зерна — одну пробу от плавки ковша;
- для контроля макроструктуры — по два прутка, полосы, мотка;
- для определения неметаллических включений по шесть прутков, полос или мотков;
- для химического анализа — пробы по ГОСТ 7565–81.

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| ГОСТ 20072–74 | Закалка | 1030–1080 | Масло | 500 | 333 | 294 | 177 | 147 |
| | | | | 550 | 196 | 157 | 127 | 98 |
| | | | | 580 | 137 | 98 | — | 49 |

Знак «—» в графе означает отсутствие статистических данных.

20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579), 20Х3МВФА

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|----------------|----------------------|-----------|-------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108-1029-81 | Закалка | 1030-1060 | Масло | Продольный из конца вала | 589-736 | 736 | 13 | 40 | 49 | 150 | — |
| | Отпуск | 660-700 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1030-1060 | Масло | Тангенциальный из бочки | 589-736 | 716 | 11 | 32 | 39 | 120 | — |
| | Отпуск | 660-700 | Воздух | | | | | | | | |

Примечания.

1. Приемно-сдаточными характеристиками являются: $\sigma_{0,2}$, ψ , КСУ при температуре 20°C, проба на изгиб.
2. Категория прочности IV и V применяется при диаметре (ϕ) бочки ротора до 800 мм; по соглашению сторон допускаются бочки диаметром более 800 мм.
3. Колебание значений твердости по окружности бочки ротора или вала не должно превышать 30 НВ, а по образующей — 40 НВ.
4. По соглашению сторон испытания на изгиб могут производиться только на продольных или тангенциальных образцах.
5. Предприятие-потребитель производит определение критической температуры хрупкости металла заготовок роторов из слитка массой ≥ 50 т по критерию 50% волокна в изломе ударных образцов (тип 11).
6. Все заготовки должны подвергаться УЗК в соответствии с требованиями чертежей.
7. Требования по величине остаточных напряжений.

Величина остаточных напряжений не должна превышать 49 Н/мм². Заготовки роторов с диаметром бочки более 400 мм должны подвергаться контролю на наличие остаточных напряжений. Контроль величины остаточных напряжений заготовок валов диаметром бочки более 400 мм, производится только при наличии указаний в чертеже. В заготовках валов и роторов с диаметром бочки менее 400 мм величина остаточных напряжений не контролируется, но после окончательного отпуска такие заготовки должны быть медленно охлаждены с печью.

Назначение. Валы, диски и цельнокованые роторы стационарных и транспортных паровых турбин из слитков весом до 68 т, крепеж и другие детали, работающие при температуре от 500°C до 560°C. Трубы и детали трубопроводов высокого давления для химической аппаратуры.

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

| НД | t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [5] | Термообработка |
|-----|-------|--|-----------------|---|---|--|---|
| | | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | |
| [1] | 20 | 314-333 | — | 10 ⁷ | Отжиг 950°C, нормализация 1100°C. Закалка 980-1020°C, масло. Отпуск 660-680°C, воздух | + 20 | |
| [5] | 20 | 495 | — | 10 ⁷ | Диск, образцы тангенциальные гладкие; | 30 | Отпуск 700°C, воздух |
| | 550 | 290 | — | 10 ⁷ | | 57 | Отпуск 700°C, вода |
| | 600 | 285 | — | 10 ⁷ | вид нагрузки — изгиб; $\sigma_b = 890$ Н/мм ² | 45 | Отпуск 700°C, охлаждение со скоростью 10°C/ч |
| | 20 | 478 | — | 10 ⁸ | | 42 | Отпуск 700°C, воздух + 450°C, 2 ч, охлаждение со скоростью 10°C/ч |
| | 550 | 243 | — | 10 ⁸ | Ротор, образцы продольные гладкие; вид нагрузки — изгиб; $\sigma_b = 760$ Н/мм ² | 34 | Отпуск 700°C, воздух + 500°C, 2 ч, охлаждение со скоростью 10°C/ч |
| | 600 | 230 | — | 10 ⁸ | | | 35 |
| | 20 | 320 | — | 10 ⁷ | Ротор, образцы тангенциальные гладкие от бочки; вид нагрузки — изгиб при вращении; $\sigma_b = 730$ Н/мм ² | Состав стали: 0,17% C; 0,28% Cr; 0,41% W; 0,43% Mo; 0,85% V. Цилиндрические образцы с круговым надрезом; R _n = 1,0 мм и h = 1 мм. | |
| | 20 | 350 | — | 10 ⁷ | | | |
| 20 | 235 | — | 10 ⁷ | Ротор, образцы тангенциальные гладкие от бочки; вид нагрузки — кручение; $\sigma_b = 730$ Н/мм ² | Пределы текучести и временного сопротивления [1] | | Тип изделия и размер |
| 20 | 160 | — | 10 ⁷ | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | |
| | | | | Образцы с надрезом | 640 | 760 | Поковка ротора, диаметр бочки 860 мм |

Механические свойства стали разного сортамента при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Угол загиба, град | НВ | |
|------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------|-----|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | Закалка Отпуск | 1030-1060 660-700 | Масло Воздух | Прутки, полосы | Образцы продольные | | | | | | | |
| | | | | | 750 | 900 | 12 | 40 | 60 | — | — | |
| | Вал, ротор | Образцы продольные | | | | | | | | | | |
| | | 650 | 750 | 13 | 40 | 50 | — | — | | | | |
| Образцы тангенциальные | | | | | | 620 | 730 | 11 | 32 | 40 | 120 | — |

| 20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579), 20Х3МВФА | | Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|--|---------------------------|--|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|--|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | Закалка Отпуск | 1050 680, 10 ч | Масло Воздух | Пруток ¹ ø 70 | 20 | 700 | 810 | 17 | 67 | 180 | 248 | |
| | | | | | 300 | 620 | 700 | 15,5 | 68,5 | 185 | — | |
| | | | | | 400 | 585 | 665 | 14,3 | 64 | 170 | — | |
| | | | | | 450 | 580 | 630 | 16 | 72 | 200 | — | |
| | | | | | 500 | 540 | 580 | 18,5 | 75 | 165 | — | |
| | | | | | 550 | 500 | 515 | 19 | 78 | 160 | — | |
| | 600 | 415 | 435 | 22 | 82,5 | 140 | — | | | | | |
| | Нормализация Отпуск | 1050 680, 10 ч | Воздух Воздух | Пруток ¹ ø 70 | 20 | 800 | 905 | 17 | 66 | 80 | 262 | |
| | | | | | 300 | 720 | 805 | 13,5 | 58,5 | 150 | — | |
| | | | | | 400 | 705 | 765 | 13,5 | 59,5 | 155 | — | |
| | | | | | 450 | 655 | 705 | 15 | 66,5 | 155 | — | |
| | | | | | 500 | 645 | 665 | 15,5 | 67,5 | 130 | — | |
| | | | | | 550 | 585 | 600 | 16,5 | 72 | 120 | — | |
| | 600 | 535 | 545 | 16,5 | 70,5 | 120 | — | | | | | |
| | Закалка Отпуск | 1050 700 | Масло Воздух | Образцы ² | Диски диаметром 600–1000 мм, толщина 100–150 мм | | | | | | | |
| | | | | | Диски диаметром 1150 мм; ступица диаметром 530 мм, толщина 250 мм | | | | | | | |
| | | | | | Образцы тангенциальные | | | | | | | |
| | | | | | 20 | 750 | 890 | 13 | 45 | 36 | — | |
| | | | | | 200 | 710 | 800 | 12,5 | 54,5 | 70 | — | |
| | | | | | 300 | 710 | 795 | 10 | 38,5 | 90 | — | |
| | | | | | 400 | 670 | 740 | 9,5 | 33 | 85 | — | |
| | | | | | 450 | 620 | 650 | 8 | 35 | 70 | — | |
| | | | | | 500 | 590 | 610 | 11 | 44 | 80 | — | |
| | | | | | 550 | 520 | 540 | 10 | 44 | 60 | — | |
| | | | | | 580 | 490 | 500 | 11 | 27 | 60 | — | |
| | | | | | 600 | 460 | 470 | 10 | 23 | 60 | — | |
| | | | | | Образцы радиальные | | | | | | | |
| | | | | | 20 | 790 | 900 | 13 | 46 | 40 | — | |
| | | | | | 550 | 460 | 480 | 11 | 39 | 70 | — | |
| | | | | | Образцы осевые | | | | | | | |
| | | | | | 20 | 790 | 910 | 8 | 25 | 20 | — | |
| | | | | | 550 | 480 | 500 | 9 | 33 | 35 | — | |
| | Нормализация Закалка Отпуск | 1150 1050 700 | Воздух Масло Воздух | Образцы | Диски диаметром 600–1000 мм, толщина 100–150 мм | | | | | | | |
| | | | | | Диски диаметром 1150 мм; ступица диаметром 530 мм, толщина 250 мм | | | | | | | |
| | | | | | Образцы тангенциальные | | | | | | | |
| | | | | | 20 | 740 | 850 | 13,5 | 58,5 | 45 | — | |
| 400 | | | | | 600 | 755 | 10 | 49,5 | 95 | — | | |
| 450 | | | | | 590 | 650 | 13 | 60,5 | 95 | — | | |
| 500 | | | | | 600 | 635 | 15 | 59 | 105 | — | | |
| 550 | | | | | 540 | 570 | 15,5 | 64,5 | 105 | — | | |
| 580 | 460 | 480 | 13 | 70 | 95 | — | | | | | | |
| Нормализация Закалка Отпуск | 1050 1000 670 | Воздух Масло Печь до 150°С | Поковка ¹ | Ротор из слитка 47 т; диаметр бочки 965–1075 мм | | | | | | | | |
| | | | | Образцы тангенциальные (образцы от бочки ротора) | | | | | | | | |
| | | | | 20 | 600 | 700 | 12 | 41 | 40 | — | | |
| | | | | 100 | 570 | 660 | 13 | 62 | 115 | — | | |
| | | | | 200 | 520 | 610 | 12 | 60 | 100 | — | | |
| | | | | 300 | 520 | 610 | 11,5 | 54 | 110 | — | | |
| | | | | 400 | 510 | 560 | 13 | 57 | 100 | — | | |
| | | | | 500 | 460 | 480 | 15 | 60 | 90 | — | | |
| | | | | 550 | 410 | 420 | 12 | 65 | 90 | — | | |
| | | | | 600 | 350 | 370 | 17,5 | 70 | 90 | — | | |
| | | | | Образцы продольные (образцы от бочки ротора) | | | | | | | | |
| | | | | 20 | 650 | 730 | 12 | 65 | 75 | — | | |
| | | | | 550 | 450 | 460 | 18 | 80 | 100 | — | | |
| | | | | Образцы радиальные (образцы от бочки ротора) | | | | | | | | |
| | | | | 20 | 600 | 690 | 11 | 39 | 40 | — | | |
| 500 | 470 | 500 | 14 | 73 | 100 | — | | | | | | |
| 550 | 430 | 440 | 16 | 72 | 65 | — | | | | | | |

20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579), 20Х3МВФА

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|---|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Нормализация Закалка Отпуск | 1050 1000 670 | Воздух Масло Печь до 150°С | Поковка ³ | 20 420 450 475 500 | Ротор из слитка 18–22 т, бочка диаметром 860 мм | | | | | |
| | | | | | | Образцы тангенциальные (периферийная зона) | | | | | |
| | | | | | | 652 | 791 | 16,8 | 61,6 | 130 | — |
| | | | | | | 565 | 651 | 13 | 58,1 | 134 | — |
| | | | | | | 570 | 627 | 13,1 | 60 | 138 | — |
| | | | | | | 550 | 611 | 14,7 | 64 | 129 | — |
| | | | | | | 535 | 582 | 16,1 | 64,2 | 124 | — |
| | | | | | | Образцы радиальные | | | | | |
| | | | | | | 622 | 768 | 14,5 | 58 | 92 | — |
| | | | | | | 537 | 618 | 13,7 | 57,9 | 110 | — |
| | | | | | | 525 | 595 | 14,6 | 54,6 | 120 | — |
| | | | | | | 518 | 581 | 15,5 | 64,4 | 98 | — |
| | 521 | 580 | 15,9 | 60,2 | 113 | — | | | | | |
| | Образцы осевые | | | | | | | | | | |
| | 650 | 775 | 17,5 | 66,4 | 190 | — | | | | | |
| | 530 | 609 | 13,7 | 65,1 | 197 | — | | | | | |
| | 540 | 612 | 15,5 | 64,5 | 205 | — | | | | | |
| | 520 | 583 | 16,6 | 69 | 168 | — | | | | | |
| | 507 | 554 | 17 | 70 | 152 | — | | | | | |
| | Нормализация Закалка Отпуск | 1050 1000 670 | Воздух Масло Печь до 150°С | Поковка | 20 420 450 475 500 | Ротор, расстояние от оси поковки 80 мм | | | | | |
| | | | | | | Образцы тангенциальные | | | | | |
| | | | | | | 608 | 765 | 16 | 49,5 | 67 | — |
| | | | | | | 500 | 594 | 13,5 | 46,5 | 126 | — |
| | | | | | | 476 | 570 | 15 | 55 | 127 | — |
| 490 | | | | | | 568 | 15,3 | 51,2 | 97 | — | |
| 467 | | | | | | 518 | 15,3 | 57,4 | 120 | — | |
| Ротор, расстояние от оси поковки 285 мм | | | | | | | | | | | |
| Образцы тангенциальные | | | | | | | | | | | |
| 593 | | | | | | 753 | 17,1 | 53,3 | 104 | — | |
| 300 | | | | | | 538 | 633 | 12,5 | 53 | 115 | — |
| 420 | | | | | | 530 | 620 | 12 | 52,9 | 110 | — |
| 450 | 523 | 592 | 13 | 49,8 | 116 | — | | | | | |
| 475 | 523 | 584 | 14,9 | 56,6 | 102 | — | | | | | |
| 500 | 512 | 564 | 14,6 | 58,1 | 102 | — | | | | | |
| 550 | 439 | 464 | 18,5 | 68,3 | 101 | — | | | | | |
| Ротор, расстояние от оси поковки 420 мм | | | | | | | | | | | |
| Образцы тангенциальные | | | | | | | | | | | |
| 650 | 780 | 16,6 | 54,1 | 101 | — | | | | | | |
| 420 | 548 | 633 | 13,3 | 54 | 130 | — | | | | | |
| 450 | 552 | 624 | 13,1 | 61,9 | 117 | — | | | | | |
| 475 | 538 | 592 | 14,7 | 62,3 | — | | | | | | |
| 500 | 532 | 676 | 14 | 60,2 | — | | | | | | |

¹ Состав стали: 0,21% С; 2,72% Cr; 0,32% W; 0,42% Mo; 0,55% V.

² Состав стали: 0,22% С; 2,97–3,10% Cr; 0,35% W; 0,36–0,47% Mo; 0,60–0,70% V.

³ Состав стали: 0,22% С; 2,61% Cr; 0,41% W; 0,41% Mo; 0,60% V.

Механические свойства стали (диски, образцы тангенциальные) при комнатной температуре после испытания на ползучесть

| НД | Режим термообработки | | | Испытание на ползучесть | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|--------|-------------------|-------------------------|------------------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | t, °С | σ , Н/мм ² | τ , ч | | | | | | |
| [5] | Закалка | 1050 | Масло | — | — | — | 761 | 891 | 12,8 | 49,3 | 50 | — |
| | | | | не менее | | | | | | | | |
| | Отпуск | 700 | Воздух | 450 | 260 | 1570 | 839 | 948 | 10,6 | 26,6 | 32 | — |
| | | | | 500 | 150–210 | 1850 | 780 | 900 | 11,5 | 35 | 40 | — |
| | | | | 550 | 90–130 | 2100 | 750 | 870 | 13 | 43 | 32 | — |
| | | | | 580 | 80 | 1910 | 675 | 795 | 14,1 | 55,9 | 39 | — |
| | | | | 600 | 60 | 1730 | 665 | 790 | 15,1 | 52,2 | 57 | — |
| | | | | — | — | — | 815 | 915 | 16,2 | 64,5 | — | — |
| | 600 | 60–120 | 1500–1750 | 650–700 | 800 | 18 | 64 | — | — | | | |

| 20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579), 20Х3МВФА | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|---|--|--------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|-------|
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | t, ч | | | | | | | |
| [5] | Закалка Отпуск | 1050 680, 10 ч | Масло Воздух | Исходное состояние | | 718 | 847 | 17,1 | 67,8 | 190 | 248 | |
| | | | | 500 | 10000 | 713 | 815 | 18,6 | 68,6 | 174 | 248 | |
| | Нормализация Отпуск | 1050 680, 10 ч | Воздух Воздух | Исходное состояние | | 800 | 905 | 17 | 66,1 | 106 | 262 | |
| | | | | 500 | 10000 | 797 | 894 | 16,1 | 64 | 77 | 262 | |
| | Закалка Отпуск | 1050 680–700 | Масло Воздух | Исходное состояние | | 760 | 900 | 13 | 50 | 40 | — | |
| | | | | 500 | 10000 | 760 | 900 | 13 | 35 | 40 | — | |
| | | | | 550 | 10000 | 710 | 880 | 16 | 48 | 50 | — | |
| | | | | 550 | 15000 | 600 | 740 | 16 | 57 | — | — | |
| | | | | 550 | 30000 | 570 | 720 | 17 | 54 | — | — | |
| | | | | 600 | 5000 | 630 | 760 | 13 | 57 | 70 | — | |
| | Нормализация Закалка Отпуск | 1150 1050 680–700 | Воздух Масло Воздух | Исходное состояние | | 740 | 850 | 13,5 | 58,5 | 45 | — | |
| | | | | 550 | 10000 | 660 | 790 | 13 | 53 | 50 | — | |
| | | | | 550 | 20000 | 550 | 700 | 20 | 63 | 60 | — | |
| | | | | 550 | 40000 | 550 | 690 | 16 | 63 | — | — | |
| | Нормализация Закалка Отпуск | 1050 1000 670 | Воздух Масло Воздух | Исходное состояние | | 630 | 750 | 15 | 60 | 60 | — | |
| | | | | 500 | 10000 | 630 | 750 | 17 | 65 | 70 | — | |
| | | | | 550 | 30000 | 560 | 680 | 15 | 57 | 110 | — | |
| | | | | 565 | 20000 | 520 | 670 | 15 | 53 | 120 | — | |
| | | | | Диски | | | | | | | | |
| | Образцы тангенциальные | | | | | | | | | | | |
| Образцы продольные | | | | | | | | | | | | |
| Прутки диаметром 70 мм | | | | | | | | | | | | |
| не менее | | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Предел текучести $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² , при 20°C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | |
| | | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | | | |
| [5] | 450 | 750–850 | 445 | 400 | — | 250 | | | | | | |
| | 500 | 750–850 | 370 | 340 | — | 175 | | | | | | |
| | 525 | 750–850 | 340 | 300 | — | — | | | | | | |
| | 550 | 750–850 | 210–240 | 180 | — | 90–110 | | | | | | |
| | 560 | 750–850 | 210 | 170 | — | 90 | | | | | | |
| | 580 | 750–850 | 170 | 130 | — | 60 | | | | | | |
| | 600 | 750–850 | 110 | 70 | — | 22 | | | | | | |
| | 475 | 600–650 | 295 | 260 | 260 | 150 | | | | | | |
| | 500 | 600–650 | 250 | 210 | 250 | 120 | | | | | | |
| | 550 | 600–650 | 200–240 | 180 | — | 90–110 | | | | | | |
| | 560 | 600–650 | 210 | 170 | — | 90 | | | | | | |
| | 580 | 600–650 | 170 | 130 | — | 60 | | | | | | |
| | 600 | 600–650 | 110 | 70 | — | 22 | | | | | | |
| | Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время t, ч | | | | | | | | НВ | |
| | | | 100 | 400 | 1000 | 3000 | 5000 | 7000 | 10000 | 13000 | | 15000 |
| [5] | 450 | 250 | 193 | 184 | 178 | 168 | 164 | 164 | 157 | 157 | 154 | 269 |
| | 450 | 300 | 233 | 223 | 217 | 205 | 201 | 200 | 195 | 191 | 190 | 269 |
| | 450 | 300 | 216 | 201 | 190 | 175 | 168 | 165 | 158 | 154 | — | 241 |
| | 450 | 350 | 263 | 249 | 242 | 231 | 227 | 222 | 214 | 213 | 212 | 269 |
| | 500 | 200 | 134 | 128 | 125 | 119 | (115) | (113) | (110) | — | — | 269 |
| | 500 | 250 | 169 | 158 | 153 | 141 | 137 | 134 | 130 | 123 | — | 269 |
| | 500 | 300 | 215 | 204 | 197 | 187 | 177 | 169 | (160) | — | — | 269 |
| | 500 | 350 | 247 | 232 | 225 | 212 | 201 | 192 | (184) | — | — | 269 |
| | 550 | 150 | 94 | 87 | 80 | 67 | 61 | (55) | (50) | — | — | 269 |
| | 550 | 200 | 124 | 113 | 106 | 90 | 78 | (70) | (65) | — | — | 269 |
| | 550 | 250 | 149 | 137 | 129 | 110 | 99 | (90) | (80) | — | — | 269 |
| | 550 | 300 | 177 | 162 | 151 | 129 | 117 | (108) | (100) | — | — | 269 |

В скобках даны экстраполированные значения.

НВ — в исходном состоянии.

20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579), 20Х3МВФА

Механические свойства основного металла, сварного соединения и наплавленного металла при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Место и направление вырезки образца | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Длительная прочность | |
|--------|----------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------------------------------|------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | σ , Н/мм ² | τ , ч |
| [5] | ПС | | | Продольное | 20 | не менее | | | | | — | — |
| | | | | | | Основной металл (плиты) | | | | | | |
| | | | | Поперечное | 20 | 680 | 800 | 16 | 59 | 80 | — | — |
| | | | | | | Продольное | 20 | 680 | 800 | 17 | 62 | 88 |
| | 350 | 610 | 680 | 11,9 | 54,8 | | | — | — | | | |
| | 470 | 620 | 670 | 13,2 | 57,8 | | | — | — | | | |
| | Отпуск | 650, 5 ч | Воздух | Поперечное | 20 | 720 | 840 | 16 | 61 | 97 | — | — |
| | | | | | | Сварное соединение (электроды ЦЛ-30) | | | | | — | — |
| | Отпуск | 650, 5 ч (после сварки) | Воздух | По зоне | 20 | 650 | 800 | 11,5 | 58 | 93 | | |
| | | | | | | 350 | 580 | 650 | 10,2 | 56,7 | — | — |
| | | | | | | 470 | 550 | 610 | 10,2 | 55,6 | — | 220 |
| | ПС | | | — | 20 | Наплавленный металл (электроды ЦЛ-30) | | | | | — | — |
| | | | | | | — | | | | | | |
| | Отпуск | 680 | — | — | 20 | — | — | — | — | 138 | — | — |
| | Отпуск | 650 | — | — | 20 | — | — | — | — | 147 | — | — |
| Отпуск | 600 | — | — | 20 | — | — | — | — | 156 | — | — | |
| | | | | | 300 | — | — | — | 227 | — | — | |
| | | | | | 470 | — | — | — | 171 | — | — | |

Примечание. Термическая обработка до сварки — отжиг при 980°C, нормализация с 1050°C, закалка с 980°C в масле, отпуск при 660°C.

| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | Жаростойкость [1] | | | | |
|---|-------|-------------------------|-------------------------|-------|---------------------------|-------------------|----|
| — | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | Окалиностойкая до 550°C | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | |
| Исходное состояние | | | | | | | 44 |
| 10000 | 500 | 73 | | | | | |
| 10000 | 550 | 49 | | | | | |
| 5000 | 600 | 73 | | | | | |

Коррозионная стойкость [1, 9]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|-------------------------|-------|-----------------|----------------|
| Общая | Вода деминерализованная | 300 | 1000 | 1 |
| Точечная | Вода деминерализованная | 300 | 1000 | Подвержена |
| Коррозионное растрескивание | Вода деминерализованная | 300 | 1000 | Не подвержена |
| Межкристаллитная | — | | | |

Технологические характеристики [1, 9]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|---|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1240–800 | До 50 | В ящиках | До 50 | В ящиках |
| Заготовка | 1240–780 | 51–700 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | 51–700 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение |

Свариваемость

Обрабатываемость резанием

Температура критических точек, °C

| | | | | | |
|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | В закаленном и отпущенном состоянии при 260–270 НВ и $\sigma_n = 1000$ Н/мм ² $K_v = 0,8$ (твердый сплав), $K_v = 0,4$ (быстрорежущая сталь) | As ₁ | As ₃ | Ag ₁ | Ag ₃ |
| | | 800–830 | 900–950 | 680–700 | 790–800 |

| | |
|--|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 25Х3МФА (48ТС-4), 25Х3МФА-А | Лист — ТУ 108.131-86. Поковки — ТУ 108.131-86. |

| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | НД | Марка стали |
|----------------------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|--------|-----------|--------|--------|-----------|---------------|------------------------|
| С | Si | Mn | S | P | Co | Cr | Ni | Mo | As | Cu | V | | |
| 0,22–0,27 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 2,80–3,30 | ≤ 0,40 | 0,60–0,80 | ≤ 0,04 | ≤ 0,30 | 0,25–0,35 | ТУ 108.131-86 | 25Х3МФА |
| 0,22–0,27 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,015 | ≤ 0,012 | ≤ 0,025 | 2,80–3,30 | ≤ 0,40 | 0,60–0,80 | ≤ 0,10 | ≤ 0,10 | 0,25–0,35 | ТУ 108.131-86 | 25Х3МФА-А ¹ |

¹ Sb ≤ 0,005%, Sn ≤ 0,005%.

В плавочном химическом анализе допускаются следующие отклонения: С — минус 0,01%, по Mn, Si, V ± 0,05% каждого, Cr ± 0,10%.

В стали 25Х3МФА-А суммарное содержание P + Sb + Sn ≤ 0,015%. Производится дополнительное определение содержания Zn, Pb, Bi. Результаты определения не являются сдаточными, но заносятся в сертификат (ТУ 108.131-86).

| Механические свойства после испытаний | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|-------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---------------------|---------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | T _к , °С | НВ | КП |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.131-86 | Поковки, листы (плиты), листовые заготовки, т/о на КП 390 | | | До 600 | 20 | 430 | 540–735 | 14 | 50 | 49 | 0 | 187–229 | — |
| | | | | | 350 | 390 | 490 | 14 | 50 | — | — | — | 390 |
| | Листовые штампованные заготовки, т/о на КП 390 | | | До 600 | 20 | 430 | 540–735 | 14 | 50 | 49 | 15 | 187–229 | — |
| | | | | | 350 | 390 | 490 | 14 | 50 | — | — | — | 390 |
| | Листовые штампованные заготовки, т/о на КП 490 | | | До 600 | 20 | 530 | 635–835 | 13 | 50 | 49 | 50 | 207–225 | — |
| | | | | | 350 | 490 | 550 | 12 | 45 | — | — | — | 490 |

В графе “Категория прочности” (КП) трехзначное число означает величину σ_{0,2} при температуре испытаний 350°С.

Габаритные размеры листов и плит: по толщине — от 60 до 300 мм; по ширине — не более 3200 мм; по длине — не более 10000 мм. Допускается изготовление листов и плит других габаритных размеров по согласованию с исполнителем.

Примечания.

1. Для деталей, работающих при температуре не более 100°С, испытание производится при температуре 20°С.

Для деталей, работающих при температурах более 100°С и не более 350°С, горячие испытания производятся при температуре 350°С.

2. Определение ударной вязкости при температуре 20°С производится в случае отсутствия требований по критической температуре хрупкости.

3. При индивидуальном определении механических свойств твердость не является сдаточной характеристикой.

4. В случае определения механических свойств поковок на тангенциальных образцах (кроме поковок типа раскатных колец) и радиальных образцах допускается снижение механических свойств в соответствии с ГОСТ 8479-70. В случае определения механических свойств листов (плит) на вертикальных образцах (ось которых перпендикулярна плоскости проката) допускается снижение механических свойств по сравнению с таблицей: по временному сопротивлению разрыву и по условному пределу текучести на 10% каждого; по относительному удлинению и относительному сужению на 35% каждого; по ударной вязкости на 40%.

5. Для заготовок, на которые распространяются “Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов АЭУ” производится подтверждение критической температуры хрупкости, при этом значения критической температуры хрупкости для заготовок сечением 450 мм и менее указаны в настоящей таблице, а для заготовок сечением более 450 мм значение критической температуры хрупкости не более 50°С.

Заготовки сечением более 450 мм с категорией прочности КП 390 не должны применяться для изготовления обечаяк активной зоны.

6. Для обечаяк активной зоны производится определение критической температуры хрупкости (T_к), значение которой должно быть не выше 0°С, при этом в технических требованиях конструкторской документации к обозначению категории прочности добавляется буква “К”.

При получении отклонений по критической температуре хрупкости производится расчетное обоснование хрупкой прочности в подтверждение надежности и заданного ресурса работы с учетом фактических значений критической температуры хрупкости и химического состава металла.

Расчетное обоснование согласовывается в установленном порядке.

7. Дополнительно от фланца готового корпуса ВВЭР-440 производится проверка механических свойств на растяжение при температурах 20°С и 350°С и ударную вязкость KCV при 20°С от трепанов, взятых в районе резьбовых отверстий согласно схеме конструкторской документации. Результаты испытаний не являются сдаточными, но заносятся в сертификат.

| 25ХЗМФА (48ТС-4), 25ХЗМФА-А | | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------|-------------------|-----------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [10] | Закалка | | Масло | 450–600 | 20 | Поковки и плиты | | | | | | |
| | Отпуск | | Воздух | | | 625 | 735–930 | — | 50 | 60 | — | — |
| [2, 10] | Термообработка на соответствующее КП | | | 450–600 | 20 | 300 | 400–600 | 15 | 55 | 80 | 163–187 | — |
| | | | | | 350 | 250 | 350 | 14 | 55 | — | — | 250 |
| | | | | | 20 | 440 | 580–750 | 14 | 50 | 80 | 187–229 | — |
| | | | | | 350 | 400 | 500 | 14 | 50 | — | — | 400 |
| | | | | | 20 | 540 | 650–850 | 13 | 50 | 60 | 207–255 | — |
| | | | | | 350 | 500 | 560 | 12 | 45 | — | — | 500 |
| | | | | | 20 | 640 | 750–950 | 12 | 50 | 60 | 229–285 | — |
| | | | | | 350 | 600 | 650 | 12 | 45 | — | — | 600 |
| | | | | | 20 | 740 | 850–1100 | 12 | 50 | 50 | 269–321 | — |
| 350 | 700 | 750 | 12 | 40 | — | — | 700 | | | | | |

В графе “Категория прочности” (КП) трехзначное число означает предел текучести $\sigma_{0,2}$ при температуре испытания 350°C.

Назначение. Несварные детали, плоские крышки, ответственный крепеж и другие детали корпуса реактора, работающие при температуре до 360°C.

Допускается аустенитная наплавка.

Сталь, термообработанная на КП 700, применяется только для крепежных деталей.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

Технологические характеристики [2, 9]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1220–870 | ПС | | | |
| Заготовка | 1220–870 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность | | Температура критических точек, °С [14] | | | |
|--|--|----------------------------------|--|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Не чувствительна | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| | | Склонность к отпускной хрупкости | | 800–830 | 900–950 | 680–700 | 790–800 |
| Не применяется для сварных конструкций | В закаленном и отпущенном состоянии при ≤ 300 НВ K ₁ = 0,8 (твердый сплав), K ₁ = 0,4 (быстрорежущая сталь) | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------------|---|-----------|--------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 30X3MФ | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,27–0,34 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 2,30–2,70 | ≤ 0,30 | 0,20–0,30 | 0,06–0,12 | — | — | ≤ 0,30 | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг или отпуск | — | — | Свыше 5 | Не определяются | | | | | — | ≤ 229 | | | | |
| | Закалка | 870–890 | Масло | До 80 | 835 | 980 | 12 | 55 | 98 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 580–620 | Вода или масло | Свыше 80 до 150 | 835 | 980 | 10 | 50 | 88 | — | — | | | | |
| | | | | Свыше 150 | 835 | 980 | 9 | 45 | 83 | | | | | | |
| ДЦ | Азотирование | | | | Не определяются | | | | | Поверхности 59–62 | Сердцевины 250–340 | | | | |
| | I ступень | 510 | | Пруток 25 | | | | | | | | | | | |
| | II ступень | 530–540 | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Детали судовых дизелей, распылители форсунок, плунжерные пары топливных насосов высокого давления, направляющие тонкостенные гильзы и другие ответственные детали (в том числе прецизионные), которые должны обладать износостойкостью в условиях высоких давлений. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь подвергается азотированию, теплоустойчива до 450°С. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | |
| — | — | — | | | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1200–850 | | | | Замедленное в колодце | | | | | | Замедленное в колодце | | | | |
| Заготовка | 1200–850 | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | | После закалки и отпуска при ≥ 260 HB и σ _B = 1000 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,45 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | | | Склонна | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---|---------|---------|-----------|--------|-----------|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 15X5M (12X5MA, X5M) | | Трубы — ГОСТ 550–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Сортовой прокат — ГОСТ 20072–74. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 20072–74 | | | | | | | | | Температура критических точек, °C | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| ≤ 0,15 | ≤ 0,50 | ≤ 0,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 4,50–6,00 | ≤ 0,60 | 0,45–0,60 | ≤ 0,20 | 815 | 848 | 718 | 775 | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в*}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------|---|-------|-------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 550–75 | Термически обработанные горячедеформированные трубы | | | ϕ 57–219 ¹ s 4–25 | 216 | 392 | 22 | 50 | 118 | — | ≤ 170 |
| | Термически обработанные холоднодеформированные и тепलोдеформированные трубы | | | ϕ 20–57 ¹ s 2–5 | 216 | 392 | 22 | — | — | — | ≤ 170 |

¹ По требованию потребителя трубы диаметром 6–102 мм изготавливают длиной до 7 м, трубы диаметром 108–159 мм изготавливают длиной до 9 м.

Примечания.

1. Горячедеформированные трубы могут изготавливаться после нормализации и отпуска с нормами механических свойств не менее $\sigma_{в}$ — 588 Н/мм²; $\sigma_{т}$ — 412 Н/мм²; δ — 16%; ψ — 65%; KCU — 98 Дж/см² и твердостью не более 235 HB.

2. Для труб высшей категории качества $\sigma_{в}$ должно быть не менее 421 Н/мм² для горячедеформированных труб и 412 Н/мм² для холодно- и тепलोдеформированных труб.

3. Трубы должны выдерживать испытание гидравлическим давлением.

4. Качественные трубы диаметром не более 159 мм со стенкой толщиной не более 8 мм должны выдержать испытание на раздачу без появления трещин и надрывов на оправке с конусностью не менее 6° для увеличения наружного диаметра трубы до 6% для толщины стенки до 4 мм.

5. По требованию потребителя трубы должны выдерживать испытание на сплющивание до получения между сплющиваемыми поверхностями расстояния Н в мм, вычисленного по формуле $H = (1+a) \cdot s / (a+s/D_n)$, где s — номинальная толщина стенки, мм; D_n — номинальный наружный диаметр, мм; a — деформация на единицу длины, равная 0,08.

6. По требованию потребителя трубы подвергаются дефектоскопии неразрушающими методами.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в*}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|---------|-------------------|---------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350–77 | Отжиг | 840–870 | Воздух | От 4 до 50 | 235 | 470 | 18 | — | — | — | — |
| ГОСТ 20072–74 | Отжиг | 840–860 | С печью | До 90 | 215 | 390 | 22 | 50 | 118 | — | ≤ 217 |
| | | | | От 91 до 150 | 215 | 390 | 20 | 45 | 106 | — | ≤ 217 |
| | | | | От 150 и выше | 215 | 390 | 19 | 40 | 100 | — | ≤ 217 |

Примечания.

1. Нормы механических свойств прутков диаметром или толщиной свыше 90 мм, перекаченных или перекованных на круг или квадрат размером 90 мм, должны соответствовать требованиям таблицы.

2. Ударная вязкость по требованию потребителя.

3. Твердость горячекатаной и кованой отожженной, отпущенной или нормализованной с высоким отпуском стали должна быть не более 229 HB.

4. Горячекатаная, кованая и калиброванная сталь, предназначенная для осадки, горячей высадки и штамповки, должна быть испытана на осадку в горячем состоянии.

5. Макроструктура стали должна соответствовать требованиям таблицы 5 данного ГОСТ. Макроструктура не должна иметь усадочной раковины, подусадочной ликвации, рыхлости, газовых раковин, трещин, флокенов, шлаковых включений, заворота корочки, видимых без увеличительных приборов.

Назначение. Трубы, детали насосов, лопатки, крепеж, подвески котлов и другие детали, для которых требуется сопротивляемость окислению при температуре до 600–650°C.

Сталь жаропрочная и жаростойкая мартенситного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | Термообработка | |
|--|-------------|----------------|---|-----|------|------|------|----------------|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 25 | – 40 | – 60 | | – 80 |
| — | — | — | 281 | 291 | 306 | 288 | — | — | Нормализация с 1000°C + отпуск при 700°C, воздух |
| — | — | — | 245 | 253 | 222 | 136 | — | — | |

| 15X5M (12X5MA, X5M) | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|--|---|------------------------------------|--|-------------------|-------------------------|-------------------------|----|
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_{B_s} , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Нормализация Отпуск | 1000 700 | Воздух Воздух | Поковка ø 280 | 20 | 660 | 800 | 16 | 50 | — | — |
| | | | | | 200 | 580 | 680 | 15 | 68 | — | — |
| | | | | | 300 | 550 | 670 | 15 | 65 | — | — |
| | | | | | 400 | 530 | 630 | 14 | 64 | — | — |
| | | | | | 450 | 520 | 620 | 16 | 70 | — | — |
| | | | | | 500 | 465 | 550 | 19 | 75 | — | — |
| | | | | | 550 | 390 | 500 | 22 | 82 | — | — |
| | 600 | 300 | 415 | 22 | 84 | — | — | | | | |
| | Нормализация Отпуск | ПС | | Образцы из труб толщина 10–12 | 20 | 485 | 640 | 18 | 78 | — | — |
| | | | | | 400 | 430 | 510 | 12 | 75 | — | — |
| | | | | | 450 | 385 | 480 | 15 | 76 | — | — |
| | | | | | 500 | 350 | 430 | 18 | 82 | — | — |
| | | | | | 600 | 170 | 310 | 21 | 91 | — | — |
| | Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_{B_s} , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка Отпуск Отпуск Отпуск Отпуск | 900 200 400 450 500 550 | Воздух Воздух Воздух Воздух Воздух | Образцы | не менее | | | | | | |
| | | | | | 990 | 1260 | 16 | 63 | 125 | 34 | |
| | | | | | 1010 | 1220 | 18 | 64 | 112 | 34 | |
| | | | | | 1020 | 1230 | 20 | 65 | 123 | 36 | |
| | | | | | 1120 | 1250 | 16 | 64 | 92 | 34 | |
| | | | | | 760 | 850 | 19 | 73 | 250 | 19 | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | |
| ГОСТ 20072–74 | Нормализация Отпуск | 950–980 840–880 | Воздух Воздух | 480 | 177 | 147 | 103 | 69 | | | |
| | | | | 540 | 98 | 74 | 65 | 39 | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | Окалиностойкая до 600°C | | | | | | | |
| Время, ч | | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | | | | | | | | | | |
| Не склонна к отпускной хрупкости | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | | 300 | 1000 | 1 | | | | |
| Точечная | | Вода деминерализованная | | | 300 | 1000 | Подвержена | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | — | | | — | — | — | | | | |
| Межкристаллитная | | Сталь обладает повышенной коррозионной стойкостью в серосодержащих средах | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [8] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1200–800 | До 800 | Отжиг с перекристаллизацией, одно переохлаждение | | | До 800 | Отжиг с перекристаллизацией, одно переохлаждение | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | В отожженном и отпущенном состоянии при ≤ 170 НВ и $\sigma_s = 390$ Н/мм ² $K_v = 2,1$ (твердый сплав), $K_v = 2,0$ (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|-------------------------|---|-----------------------------------|---|--------------------|----------------------------|-----|-------|
| 15X5ВФ (X5ВФ) | | Трубы — ГОСТ 550–75. Сортовой прокат — ГОСТ 20072–74. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 20072–74 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | V | W | Cu | | |
| ≤ 0,15 | 0,30–0,60 | ≤ 0,5 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 4,50–6,00 | ≤ 0,60 | 0,40–0,60 | 0,40–0,70 | ≤ 0,30 | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_n , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 550–75 | Горячедеформированные трубы В термообработанном состоянии | | | До 90 | 216 | 392 | 22 | 50 | 118 | — | ≤ 170 |
| ГОСТ 20072–74 | Отжиг | 840–860 | С печью | До 90 | 215 | 390 | 22 | 50 | 118 | — | — |
| | | | | От 91 до 150 | 215 | 390 | 20 | 45 | 106 | — | — |
| | | | | От 151 и выше | 215 | 390 | 17 | 40 | 100 | — | — |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | |
| ГОСТ 20072–74 | Отжиг | 850–870 | С печью до 200°C | 500 | 118 | 909 | 83 | 59 | | | |
| | | | | 550 | 87 | 69 | 49 | 37 | | | |
| | | | | 600 | 64 | 51 | 37 | 27 | | | |
| Назначение. Детали для корпусов и внутренних элементов аппаратуры нефтеперерабатывающих заводов и крекинговых труб, детали насосов, работающие при температуре до 600°C, крепеж, задвижки. | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаропрочная мартенситного класса. | | | | | | | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч | | | | Жаростойкость | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | Окалиностойкая до 600°C | | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | | — | | | | | | | | |
| — | | | — | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | 300 | 1000 | 1 | | | | | |
| Точечная | | Вода деминерализованная | | 300 | 1000 | Подвержена | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | — | | — | — | — | | | | | |
| Межкристаллитная | | — | | — | — | — | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1200–800 | Поковки энергетического машиностроения до 700 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | До 100 | | На воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | 101–250 | | В яме с закрытой крышкой | | | | | |
| | | | | 251–300 | | В яме с подогревом | | | | | |
| Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | | | | В отожженном состоянии при 197 НВ и $\sigma_n = 400$ Н/мм ² $K_v = 2,0$ (твердый сплав), $K_v = 1,9$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---|--|-----------------------------------|---------------------------------------|---|-----------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|----|----------------------|--|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 15X6СЮ | | Трубы, прутки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72 | | | | | | | | | | | | | |
| С | | Si | | Mn | | S | | P | | Cr | | Al | |
| ≤ 0,15 | | 1,20-1,80 | | ≤ 0,50 | | ≤ 0,025 | | ≤ 0,030 | | 5,50-7,00 | | 0,70-1,10 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| | Отжиг | 840-860 | | | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 950 | | — | 245 | 441 | 20 | 40 | — | — | — | | |
| | Отпуск | 760 | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Детали котельных установок, работающие при повышенной нагрузке и температуре до 750°C, трубы. | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаростойкая. | | | | | | | | | | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | Жаростойкость | | | | | | | | |
| Время, ч | | t, °C | | КСУ, Дж/см ² | | Среда | | t, °C | | Скорость коррозии, мм/год | | База испытаний, ч | |
| Исходное состояние | | — | | — | | Приближается к жаростойкости стали 03X8СЮЦ (ЭП 889) | | | | | | | |
| — | | — | | — | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | | Среда | | | t, °C | | Скорость коррозии, мм/год | | Балл стойкости | | | |
| Общая | | | Высокая коррозионная стойкость в продуктах переработки нефти | | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | | Температурный интервал ковки, °C | | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | | 1150-800 | | ПС | | | | — | | — | | | |
| Заготовка | | — | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ | | | | | | В состоянии поставки при $\sigma_b = 450$ Н/мм ² $K_v = 1,25$ (твердый сплав), $K_v = 1,00$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | | |

СТАЛИ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|--|-------------|---|------------------------------------|--------------------|------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|----------|-----------------|------|---|----|-------|-------|---|-------|
| 65Г | | Сортовой прокат — ГОСТ 14959–79. Лента — ГОСТ 2283–79, ГОСТ 2284–79, ГОСТ 21996–76, ГОСТ 21997–76. Проволока — ГОСТ 9389–75. Лист — ГОСТ 1577–93. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 14959–79 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | | | | | | | | |
| 0,62–0,70 | 0,17–0,37 | 0,90–1,20 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,25 | — | — | ≤ 0,20 | 721 | 745 | 670 | 720 | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 14959–79 | Горячекатаная | | | — | Не определяются | | | | | | | — | ≤ 285 | | | | | | | | | | |
| | Термообработанная | | | | | | | | | | | | ≤ 241 | | | | | | | | | | |
| | Закалка | | 815–845 | Масло | Образцы | 785 | 980 | 8 | 30 | — | — | — | — | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | | 450–510 | | | | | | | | | | | Воздух | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1577–93 | В горячекатаном состоянии | | | Лист до 80 | — | 740 | 12 | — | — | — | — | — | ≤ 285 | | | | | | | | | | |
| | В отожженном состоянии | | | | | | | | | | | | Не определяются | | | | | | | ≤ 229 | | | |
| ГОСТ 2283–79 | Лента холоднокатаная: | | | | До 1,50 | — | 640 | 15 | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | |
| | отожженная | | | | | | | | | | | | | Свыше 1,50 | — | 740 | 10 | — | — | — | — | | |
| | нагартованная | | | | | | | | | | | | | До 1,50 | — | 740 | — | — | — | — | — | | |
| ДЦ | Нормализация | | 810–830 | Воздух | Образцы | 430 | 735 | 9 | 30 | — | — | — | — | | | | | | | | | | |
| | Закалка | | 800–820 | | | | | | | | | | | Масло | До 20 | Не определяются | | | | | | | 56–62 |
| | Отпуск | | 160–200 | | | | | | | | | | | | | Воздух | | | | | | | |
| | Закалка ¹ | | 800–820 | | | | | | | | | | | Масло | До 20 | 1225 | 1470 | 5 | 10 | — | 44–48 | — | — |
| | Отпуск | | 340–380 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Изотермическая закалка | | 810–830 | | | | | | | | | | | Расплавленная соль 320–340°С | До 5 | Не определяются | | | | | | | 44–48 |
| Отпуск | | 320–340 | Воздух | | | | | | | | — | | | | | | | | | | | | |
| Закалка | | 790–820 | Масло | До 60 | 685 | 880 | 8 | 30 | — | 28–33 | — | — | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | | 550–580 | | | | | | | | | | | Воздух | | | | | | | | | | |
| ¹ Режим термообработки пружин. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Пружины, рессоры, упорные шайбы, тормозные ленты, фрикционные диски, шестерни, фланцы, корпуса подшипников, зажимные и подающие цапги и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости, и детали, работающие без ударных нагрузок. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | | | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | +20 | 0 | -20 | -30 | -70 | -80 | | | | | | | | | | | | | |
| 725 | 431 | Закалка с 810°С в масле, отпуск при 400°С | | | 110 | 69 | 27 | 24 | 12 | — | Закалка с 830°С, отпуск при 480°С | | | | | | | | | | | | |
| 480 | 284 | То же, отпуск при 500°С | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | | | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | | До 300 | | В печи | | До 100 | | На воздухе | | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1250–780 | | | | | | | | | | | | 101–300 | | В мульде | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. КТ – без ограничений. | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 240 HB и σ _b = 840 Н/мм ² K _v = 0,85 (твердый сплав), K _v = 0,80 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Мало чувствительна | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонна при содержании Mn ≥ 1,0% | | | | | | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|-----------|---|---------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 40ХФА | | Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. Поковки — ГОСТ 8479–70. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,37–0,44 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | 0,10–0,18 | ≤ 0,30 | 760 | 800 | 680 | 725 |
| Для стали, выплавленной в основных мартеновских печах и в печах с кислой футеровкой, допускается массовая доля Р до 0,030%. | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|---------|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---------|-------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4543–71 | Отжиг | 860–880 | С печью | Свыше 25 | Не определяются | | | | | — | ≤ 241 |
| | Закалка | 880 | Масло | До 80 | 735 | 880 | 10 | 50 | 88 | — | — |
| | | | | Свыше 80 до 150 | 735 | 880 | 8 | 45 | 79 | — | — |
| | Отпуск | 650 | Вода или масло | Свыше 150 | 735 | 880 | 7 | 40 | 75 | — | — |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка Отпуск | ПС | | До 100 | 540 | 685 | 15 | 45 | 59 | 223–262 | 540 |
| | | | | 100–300 | 540 | 685 | 13 | 40 | 49 | 223–262 | 540 |
| | | | | 100–300 | 490 | 655 | 13 | 40 | 54 | 212–248 | 490 |
| | | | | 100–300 | 395 | 615 | 15 | 40 | 54 | 187–229 | 395 |
| | | | | 300–500 | 395 | 615 | 13 | 35 | 49 | 187–229 | 395 |

Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Закалка | 850–880 | Масло | Образцы | Не определяются | | | | | Поверхности 54–58 | — |
| | Отпуск | 650–680 | Воздух | | | | | | | | |
| | Азотирование | 500–520 | С печью | | | | | | | | |

Назначение. Крепежные детали трубопроводов высокого давления при температуре до 400°С. В улучшенном состоянии — шлицевые валы, штоки, крестовины рабочих колес поворотно-лопастных турбин, установочные винты, траверсы, шатуны, валы экскаваторов и др. После закалки и низкого отпуска — рейки, червячные валы и другие детали средних размеров, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости в сочетании с повышенной прочностью и вязкостью сердцевины. После азотирования — зубчатые колеса, силовые шпильки, пальцы, ходовые винты, шпиндели, гильзы, втулки и другие детали сложной конфигурации, к которым предъявляются требования высокой износостойкости, усталостной прочности и минимальной деформации.

После азотирования сталь коррозионно-стойкая в атмосферных условиях, в воде и водяных парах. Для уменьшения деформации при азотировании детали перед окончательным шлифованием (до азотирования) подвергаются стабилизирующему отпуску при 620–650°С.

Сталь мало склонна к росту зерна.

Коррозионная стойкость стали низкая.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|---|---|---|------|------|------|------|---|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 70 | – 80 | |
| 480 | — | Закалка с 880°С в масле, отпуск при 230°С | 92 | — | 61 | — | 55 | — | Закалка с 850°С в масле, отпуск при 600°С |
| 421 | — | Закалка с 880°С в масле, отпуск при 550°С | | | | | | | |
| 372 | 265 | Закалка с 880°С в масле, отпуск при 650°С | | | | | | | |

| 40ХФА | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [21] | Закалка | 850 | Масло | Образцы | 20 | 861 | 945 | 27 | 63 | — | — |
| | Отпуск | 640 | Воздух | | 200 | 824 | 924 | 22 | 47 | — | — |
| | | | | | 300 | 762 | 862 | 19 | 36 | — | — |
| | | | | | 400 | 722 | 873 | 29 | 51 | — | — |
| | | | | | 500 | 418 | 505 | 30 | 66 | — | — |
| | | | | | 600 | — | 385 | 51 | 80 | — | — |
| | | | | | 700 | — | 180 | 48 | 86 | — | — |

Состав стали: 0,43% С; 1,14% Cr; 0,18% V.

| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [18] | Закалка | 850 | Масло | Прутки | 20 | 842 | 925 | 26 | 63 | — | — |
| | Высокий отпуск | 610 | Вода или масло | | 300 | 745 | 843 | 18 | 35 | — | — |
| | | | | | 400 | 705 | 853 | 28 | 50 | — | — |
| | | | | | 500 | 410 | 495 | 30 | 66 | — | — |

| Пределы ползучести | | | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------|---------|-------------------|--------|--|--------|-------------------|-----|--|----|--|
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1/10 ⁶ | | 1/10 ⁷ | | | | |
| [22] | Закалка | 840–870 | Масло | 300 | 696 | | 686 | | | | |
| | | | | 400 | 265 | | 118 | | | | |
| | | | | Отпуск | 590–650 | Воздух | 425 | 196 | | 88 | |
| | | | | | | | 480 | 39 | | — | |
| | | | | | | | 535 | 27 | | 10 | |

Состав стали: 0,35–0,43% С; 0,13–0,35% Si; 0,59–0,66% Mn; 1,06–1,18% Cr; 0,18–0,25% V.

| Технологические характеристики [1, 8] | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|--|--|--------------------|----------|--------------------|--|--|--|
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1220–800 | До 100 | | В яме с закрытой крышкой | | До 200 | В мульде | | | | |
| | | 101–200 | | В яме с песком | | | | | | | |
| Заготовка | 1250–830 | 201–800 | | Отжиг с перекристаллизацией, одно переохлаждение | | 201–300 | | С печью | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|----------------------------------|
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД — необходимы подогрев и последующая термообработка; КТ — необходима последующая термообработка | После закалки и отпуска при ≤ 241 НВ и $\sigma_b = 600$ Н/мм ² $K_v = 0,75$ (твердый сплав), $K_v = 0,65$ (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--|---------|---------|-----------|--------|-----------|--------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|--|
| 50ХФА | | Сортовой прокат — ГОСТ 14959–79. Поковки — 8479–70. Лента пружинная — ГОСТ 2283–79, ГОСТ 2284–79. Проволока — ГОСТ 1071–81, ГОСТ 14963–78. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 14959–79 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С [1] | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn [4] | |
| 0,46–0,54 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,80–1,10 | ≤ 0,25 | 0,10–0,20 | ≤ 0,20 | 752 | 788 | 688 | 746 | 300 | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------|------------------------|---------|----------------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 2283–79 | Лента холоднокатаная: | | | От 0,10 до 4,0 | — | ≤ 880 | 8 | — | — | — | — |
| | отожженная | | | | | | | | | | |
| | нагартованная | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Закалка | ПС | | 100–300 | 685 | 835 | 12 | 38 | 49 | — | 262–311 |
| | Отпуск | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 14959–79 | В состоянии поставки: | | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | горячекатаная | | | | | | | | | | |
| | термообработанная | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 850 | Масло | Образцы | 1080 | 1270 | 8 | 35 | — | — | — |
| | Отпуск | 470 | Воздух | | | | | | | | |
| [1] | Закалка | 840–860 | Масло | Пружины | 1270 | 1470 | 12 | 40 | — | 43–48 | — |
| | Отпуск | 420–450 | Воздух | | | | | | | | |
| | Изотермическая закалка | 850–870 | Расплавленные соли при 320–330°С | 20 | 1430 | 1570 | 6 | 45 | 60 | 43–49 | — |
| | Отпуск | 330 | Воздух | | | | | | | | |

Назначение. Тяжело нагруженные ответственные детали, к которым предъявляются требования высокой усталостной прочности, пружины, работающие при температуре до 300°С, и другие детали.

Сталь не склонна к росту зерна при нагреве; после термообработки обладает хорошими пружинящими свойствами (высоким пределом упругости) и высоким пределом выносливости; наилучшие свойства обеспечиваются после изотермической закалки и отпуска; для повышения циклической прочности рекомендуется применять азотирование пружин.

| Предел выносливости, Н/мм ² [4] | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [4] | | | | | Термообработка | |
|--|-------------|--|---|---|------|------|------|----------------|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 25 | – 40 | – 60 | | – 80 |
| 676 | 519 | Закалка с 850°С в масле, отпуск при 420°С | — | — | 31 | — | — | — | Закалка 850°С, масло Отпуск при 450°С Отпуск при 550°С Отпуск при 600°С |
| 666 | — | Закалка с 850°С в масле, отпуск при 475°С. $\sigma_{0,2} = 1590$ Н/мм ² , $\sigma_b = 1630$ Н/мм ² , 485 НВ | — | — | 31 | — | — | — | |
| 725 | — | Закалка с 850°С в масле, отпуск при 500°С. $\sigma_{0,2} = 1430$ Н/мм ² , $\sigma_b = 1570$ Н/мм ² | — | — | 37 | — | — | — | |
| 333 | — | Закалка, отпуск. $\sigma_b = 690$ Н/мм ² | — | — | 67 | — | — | — | |
| 392 | — | Закалка, отпуск. $\sigma_{0,2} = 830$ Н/мм ² , $\sigma_b = 980$ Н/мм ² , 241 НВ | — | — | 67 | — | — | — | |
| 372 | — | Закалка, отпуск. $\sigma_b = 870$ Н/мм ² | — | — | 67 | — | — | — | |

Механические свойства при температуре испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{исп} , °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Закалка | 850 | Масло | Пруток | 20 | — | 1627 | 8 | 40 | — | — |
| | Отпуск | 400 | | ∅ 10 | – 70 | — | 1705 | 8 | 35 | — | — |
| | | | | | – 196 | — | 2038 | 3 | 5 | — | — |

| 50ХФА | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|--|--|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|
| Механические свойства в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{исп.} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка Отпуск | 850 640 | Масло Воздух | — | 20 | 840 | 940 | 22 | 62 | — | — |
| | | | | | 300 | 750 | 830 | 20 | 59 | — | — |
| | | | | | 400 | 710 | 830 | 16 | 62 | — | — |
| | | | | | 500 | 420 | 500 | 26 | 74 | — | — |
| | | | | | 600 | — | 380 | 30 | 87 | — | — |
| | | | | | 400 | 1060 | 1200 | 15 | 60 | — | — |
| | Закалка Отпуск | 850 640 | Масло | — | 20 | 1370 | 1470 | 10 | 42 | — | 41–43 |
| | | | | | 100 | 1250 | 1410 | 9 | 40 | — | — |
| | | | | | 200 | 1200 | 1380 | 9 | 32 | — | — |
| | | | | | 300 | 1180 | 1370 | 13 | 40 | — | — |
| 400 | 1060 | 1200 | 15 | 60 | — | — | | | | | |
| Механические свойства в зависимости от сечения | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка Отпуск | 880 500 | Масло | 20 | 1200 | 1320 | 12 | 42 | — | 685 | |
| | | | | 40 | 1030 | 1180 | 15 | 47 | — | 350 | |
| | | | | 60 | 860 | 1060 | 18 | 50 | — | 300 | |
| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{отп.} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка Отпуск | 880 500 | Масло | — | — | 1580 | 1940 | 1 | — | — | 61–63 |
| | | | | | 200 | 1760 | 2010 | 2 | — | — | 49–50 |
| | | | | | 300 | 1640 | 1690 | 2 | — | — | 47–48 |
| | | | | | 450 | — | 1580 | 4 | 36 | — | 44–46 |
| | | | | | 500 | — | 1370 | 8 | 54 | — | 42–43 |
| Пределы ползучести | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °С | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | | | |
| | | 1/10 ³ | | | 1/10 ⁴ | | | 1/10 ⁵ | | | |
| [4] | 425 | 124 | | | 196 | | | 67 | | | |
| | 450 | 88 | | | — | | | — | | | |
| | 540 | 59 | | | 25 | | | — | | | |
| | 550 | — | | | 27–32 | | | 10–14 | | | |
| Количество мартенсита, % | | Критическая твердость HRC | | Критический диаметр, мм, при закалке [4] | | | | | | | |
| — | | — | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | |
| — | | — | | — | | 15–40 | | — | | — | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | | из слитков | | | | из заготовок | | | | |
| | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | |
| Слиток | 1200–800 | | До 50 | | На воздухе | | До 50 | | На воздухе | | |
| Заготовка | 1180–800 | | 51–180 | | В колодцах | | 51–180 | | В колодцах | | |
| Прокаливаемость [4] | | | | | | | | | | Термообработка | |
| Расстояние от торца, мм | | 1,5 | 3 | 6 | 9 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | — |
| HRC | | 58 | 57 | 56 | 56 | 54 | 48 | 40 | 37 | 37 | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | |
| Не применяется для сварных конструкций | | | В горячекатаном состоянии при 269 HB и σ _в = 920 Н/мм ² K _v = 0,75 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | | Не чувствительна | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | |
| | | | | | | | | Мало склонна | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|--|-----------|--------------------|-----------|-------------------------|--------------------|---------|--------------------|---------------------------|-----------|---------|
| 51ХФА | | Проволока стальная пружинная термически обработанная — ГОСТ 1071–81. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 14959–79 | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | V | Cu | | | | |
| 0,47–0,55 | 0,15–0,30 | 0,30–0,60 | ≤0,025 | ≤0,025 | 0,75–1,10 | ≤0,25 | 0,15–0,25 | ≤0,25 | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Номинальный диаметр проволоки, мм | σ_b , Н/мм ² | | | | Число перегибов на 180° | | | | Число скручиваний на 360° | | |
| | | Проволока класса 1 | | Проволока класса 2 | | Диаметр валика, мм | Проволока класса 1 | | Проволока класса 2 | | Проволока | |
| | | марки А | марки Б | марки А | марки Б | | марки А | марки Б | марки А | марки Б | марки А | марки Б |
| | | в пределах | | | | не менее | | | | не менее | | |
| ГОСТ 1071–81 | 1,20 | 1860–2010 | 1810–2110 | 1770–1910 | 1770–2060 | 7,50 | 3 | 2 | 5 | 4 | 10 | 8 |
| | 1,40 | 1860–2010 | 1810–2110 | 1720–1860 | 1720–2010 | 7,50 | 2 | 1 | 4 | 3 | 10 | 8 |
| | 1,60 | 1810–1960 | 1810–2060 | 1720–1860 | 1720–2010 | 10,0 | 5 | 4 | 7 | 6 | 10 | 8 |
| | 1,80 | 1770–1910 | 1720–2010 | 1670–1810 | 1670–1960 | 10,0 | 5 | 4 | 7 | 6 | 10 | 8 |
| | 2,00 | 1770–1910 | 1720–2010 | 1670–1810 | 1670–1960 | 10,0 | 4 | 3 | 6 | 5 | 10 | 8 |
| | 2,30 | 1770–1910 | 1720–2010 | 1620–1770 | 1620–1910 | 15,0 | 5 | 4 | 7 | 6 | 10 | 8 |
| | 2,50 | 1720–1860 | 1670–1960 | 1620–1770 | 1620–1910 | 15,0 | 4 | 3 | 6 | 5 | 10 | 8 |
| | 2,75 | 1720–1860 | 1670–1960 | 1620–1770 | 1620–1910 | 15,0 | 4 | 3 | 6 | 5 | 10 | 8 |
| | 3,00 | 1720–1860 | 1670–1960 | 1570–1720 | 1570–1860 | 15,0 | 2 | 1 | 4 | 3 | 10 | 8 |
| | 3,20 | 1670–1810 | 1620–1910 | 1570–1720 | 1570–1860 | 20,0 | 6 | 5 | 8 | 7 | 10 | 8 |
| | 3,40 | 1670–1810 | 1620–1910 | 1570–1720 | 1570–1860 | 20,0 | 6 | 5 | 8 | 7 | 10 | 8 |
| | 3,50 | 1620–1770 | 1570–1860 | 1470–1620 | 1470–1770 | 20,0 | 5 | 4 | 7 | 6 | 10 | 8 |
| | 3,60 | 1620–1770 | 1570–1860 | 1470–1620 | 1470–1770 | 20,0 | 5 | 4 | 7 | 6 | 10 | 8 |
| | 3,75 | 1570–1720 | 1570–1860 | 1420–1570 | 1420–1720 | 20,0 | 5 | 4 | 7 | 6 | 10 | 8 |
| | 4,00 | 1570–1720 | 1570–1860 | 1420–1570 | 1420–1720 | 20,0 | 4 | 3 | 6 | 5 | 10 | 8 |
| | 4,10 | 1520–1670 | 1520–1810 | 1370–1520 | 1370–1670 | 30,0 | 6 | 5 | 8 | 7 | 10 | 8 |
| | 4,20 | 1520–1670 | 1520–1810 | 1370–1520 | 1370–1670 | 30,0 | 5 | 4 | 7 | 6 | 10 | 8 |
| | 4,50 | 1520–1670 | 1520–1810 | 1370–1520 | 1370–1670 | 30,0 | 4 | 3 | 6 | 5 | 10 | 8 |
| | 4,80 | 1470–1620 | 1470–1770 | 1320–1470 | 1320–1620 | 30,0 | 2 | 2 | 4 | 4 | 10 | 8 |
| | 5,00 | 1470–1620 | 1470–1770 | 1320–1470 | 1320–1620 | 30,0 | 2 | 2 | 4 | 4 | 10 | 8 |
| 5,50 | 1420–1570 | 1420–1720 | 1270–1420 | 1270–1570 | 30,0 | 2 | 2 | 4 | 4 | 10 | 8 | |

Примечания.

1. Механические свойства для проволоки промежуточных диаметров должны соответствовать нормам, приведенным для ближайшего большего диаметра.
2. Проволока для клапанных пружин должна изготавливаться марки А.
3. Разброс временного сопротивления (σ_b) в мотке для проволоки марки А не должен превышать 74 Н/мм².
4. Микроструктура проволоки должна состоять из сорбита или тростосорбита отпуска. Наличие в структуре игольчатой ориентации свыше 2-го балла, а также участков структурно-свободного феррита не допускается.

Назначение. Проволока для пружин холодной навивки клапанных пружин с предварительной обработкой поверхности и повышенной точностью.

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|-------------|---|------------------------------------|--------------------|------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 55С2 | | Сортовой прокат — ГОСТ 14959–79. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 14959–79 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,52–0,60 | 1,50–2,00 | 0,60–0,90 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,25 | — | — | ≤ 0,20 | 755 | 810 | 690 | 770 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 14959–79 | В состоянии поставки: | | | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 285 | | |
| | горячекатаная | | | | | | | | | | | | |
| | термообработанная | | | Образцы | 1175 | 1270 | 6 | 30 | — | — | — | | |
| | Закалка | 855–885 | Масло или вода | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 430–490 | Воздух | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Изотермическая закалка | 870 | Расплавленная соль при 300°С | — | 1220 | 1640 | 8 | — | — | 46 | — | | |
| | Изотермическая закалка | 870 | Расплавленная соль при 360°С | — | 1100 | 1350 | — | — | 85 | 40 | — | | |
| | Навивка пружин | 850–890 | Масло или вода | — | Не определяются | | | | | — | 341–445 | | |
| | Закалка | 830–860 | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 420–450 | | | | | | | | | | | |
| | Закалка ¹ | 860–870 | Масло или вода | — | Не определяются | | | | | — | 364–410 | | |
| Отпуск | 480–500 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| ¹ Режим термообработки рессор. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Пружины и рессоры, применяемые в автомобилестроении, тракторостроении, железнодорожном транспорте и других отраслях машиностроения. | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь склонна к обезуглероживанию. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | | | |
| 421 | 294 | Закалка с 880°С в масле, отпуск при 400–460°С, σ _s = 1274 Н/мм ² . | | | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | | | | | До 250 | На воздухе | | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | 251–350 | В яме | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокочувствительность | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В горячекатаном состоянии при 255–269 НВ K _v = 0,65 (твердый сплав), K _v = 0,33 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| 60C2, 60C2A | | Сортовой прокат — ГОСТ 14959–79. Лента — ГОСТ 2283–79, ГОСТ 2284–79, ГОСТ 21996–76, ГОСТ 21997–76. Проволока — ГОСТ 14963–78. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 14959–79 | | | | | | | | | Марка стали | Температура критических точек, °C | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,57–0,65 | 1,50–2,00 | 0,60–0,90 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,25 | — | ≤ 0,20 | 60C2 | 770 | 820 | 700 | 770 |
| 0,58–0,63 | 1,60–2,00 | 0,60–0,90 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | ≤ 0,30 | ≤ 0,25 | — | ≤ 0,20 | 60C2A | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 14959–79 | В состоянии поставки: горячекатаная термообработанная | | | — | Не определяются | | | | | | — | ≤ 302 ≤ 269 | |
| | Закалка | 870 | Масло | Образцы | 1175 ¹ | 1270 ¹ | 6 ¹ | 25 ¹ | — | — | — | | |
| | Отпуск | 470 | Воздух | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 870 | Масло | | 1375 ² | 1570 ² | 6 ² | 20 ² | — | — | — | | |
| Отпуск | 420 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 2283–79 | Лента холоднокатаная: отожженная нагартованная | | | От 0,10 до 4,0 | — — | 880 780–1180 | 8 — | — — | — — | — — | — — | | |
| ДЦ | Изотермическая закалка | 860–880 | Расплавленные соли 310–330°C | До 10 | 1570 | 1770 | 11 | 50 | 62 | 46–49 | — | | |
| | Отпуск | 310–330 | Воздух | | | | | | | | | | |
| ¹ Механические свойства для стали 60C2. | | | | | | | | | | | | | |
| ² Механические свойства для стали 60C2A. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Тяжело нагруженные пружины, торсионные валы, пружинные кольца, цанги, фрикционные диски, шайбы Гровера и др. Максимально допустимая рабочая температура 250°C. | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь не подвержена росту зерна при нагреве; обладает повышенной склонностью к обезуглероживанию; в термообработанном состоянии обладает хорошими пружинящими свойствами (высоким пределом упругости) и высокой прочностью, хорошо сопротивляется ударным и знакопеременным нагрузкам; наилучшие свойства сталь приобретает после изотермической закалки. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 60 | – 70 | | | | |
| 490 ¹ | 294 ¹ | Закалка с 860°C в масле, отпуск при 550°C, σ _b = 1380 Н/мм ² | | 37 ¹ | — | — | 30 ¹ | 27 ¹ | — | Закалка 860°C, масло. Отпуск 425°C, воздух | | | |
| 637 ² | — | Закалка. Отпуск 420°C, σ _b = 1810 Н/мм ² | | 39 ² | — | — | — | — | 34 ² | Закалка 850°C, масло. Отпуск 460°C, 1 ч, воздух | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1200–800 | До 300 | | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | До 250 251–350 | | На воздухе В яме | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | В горячекатаном состоянии при 270–320 НВ и σ _b = 1100 Н/мм ² K _v = 0,70 (твердый сплав), K _v = 0,27 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---|---|------------------------------------|-------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 60С2Г | | Сортовой прокат — ГОСТ 14959–79. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 14959–79 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S ¹ | P ¹ | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,55–0,65 | 1,80–2,20 | 0,70–1,00 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | ≤ 0,30 | ≤ 0,25 | — | — | ≤ 0,20 | 770–780 | 820–830 | — | — |
| ¹ Суммарная массовая доля серы и фосфора ≤ 0,06%. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 14959–79 | В состоянии поставки: | | | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 321 | | |
| | горячекатаная | | | | | | | | | | | | |
| | термообработанная | | | Образцы | 1325 | 1470 | 6 | 25 | — | — | — | | |
| | Закалка | 870 | Масло | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 470 | Воздух | | | | | | | | | | |
| Назначение. Нагруженные пружины. | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь обладает высокими прочностными характеристиками и высоким пределом упругости. При термообработке для понижения хрупкости температуру отпуска повышают до 470°С. Сталь склонна к графитизации и обезуглероживанию. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | — | — | | — | | — | | — | | — | | — | |
| Заготовка | — | — | | — | | — | | — | | — | | — | |
| Прокаливаемость | | | | | | | | | | | | | |
| Расстояние от торца, мм | | 1,5 | 7,5 | 12,0 | 13,5 | 16,5 | 19,5 | 24,0 | 30,0 | | | | |
| HRC | | 59–66 | 49–64 | 39–60 | 37–58 | 35–55 | 32–51 | 30–46 | 28–43 | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В горячекатаном состоянии при 270–320 НВ и σ _в = 1100 Н/мм ² K _v = 0,70 (твердый сплав), K _v = 0,27 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|-------------------|---|---|------------------------------------|------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| 65С2ВА | | Сортовой прокат — ГОСТ 14959–79. Лента холоднокатаная — ГОСТ 2283–79. Проволока — ГОСТ 14963–78. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 14959–79 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | W | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,61–0,69 | 1,50–2,00 | 0,70–1,00 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | ≤ 0,30 | ≤ 0,20 | — | 0,80–1,20 | ≤ 0,20 | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 2283–79 | Лента холоднокатаная: отожженная нагартованная | | | От 0,10 до 4,0 | — | 880 | 8 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | — | 780–1180 | — | — | — | — | — | — | — |
| ГОСТ 14959–79 | В состоянии поставки: | | | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 321 | | |
| | горячекатаная | | | | | | | | | — | ≤ 285 | | |
| | термообработанная | | | | | | | | — | ≤ 285 | | | |
| | Закалка | 835–865 | Масло | Образцы | 1665 | 1860 | 5 | 20 | — | — | — | — | — |
| | Отпуск | 390–450 | Воздух | | | | | | | | | | |
| Назначение. Высоконагруженные пружины. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | |
| Слиток | — | — | | | — | | | — | | | — | | |
| Заготовка | 1100–900 | — | | | — | | | — | | | — | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В состоянии закалки и отпуска σ _b = 1860 Н/мм ² K _v = 0,26 (твердый сплав), K _v = 0,1 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | |
| | | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | |
| | | | | | | | | | | Не склонна | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|----------------------------------|---------|---------|-----------|--------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
| 60С2ХА | | Сортовой прокат — ГОСТ 14959–79. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 14959–79 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,56–0,64 | 1,40–1,80 | 0,40–0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,70–1,00 | ≤ 0,25 | ≤ 0,20 | 765 | 780 | 700 | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 14959–79 | Закалка | 870 | Масло | До 80 | 1325 | 1470 | 6 | 25 | — | — | — |
| | Отпуск | 470 | Воздух | | | | | | | | |

Примечания.

- Нормы относительного сужения даны только для круглых образцов.
- Термическую обработку производят на образцах, предназначенных для механических испытаний.
- При испытании прутков диаметром или толщиной свыше 80 до 150 мм допускается уменьшение относительного удлинения (δ) на 2 абс. %, относительного сужения (ψ) на 5 абс. % по сравнению с нормами, указанными в таблице.

Для прутков диаметром или толщиной свыше 150 мм допускается уменьшение относительного удлинения (δ) на 3 абс. %, относительного сужения (ψ) на 10 абс. %.

Нормы механических свойств образцов и прутков из стали диаметром или толщиной свыше 100 мм, перекаатанных или перекованных на квадрат размером 90–100 мм, должны соответствовать нормам, указанным в таблице.

- Твердость термически обработанного проката (отожженного или высокоотпущенного категорий 1А, 2А, 3А, 3В, 4А) не более 285 НВ; термически необработанного проката (категорий 1Б, 2Б, 3Б, 4Б, 3Г) — не более 321 НВ.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [22] | Закалка | 870 | Масло | — | 1568 | 1764 | 5 | 20 | 29 | — | — |
| | Отпуск | 420 | Масло | | | | | | | | |

Рекомендуемые режимы термической обработки рессор и пружин.

Отжиг или отпуск перед волочением — 860°С.

Закалка рессор в масле — 850–870°С.

Отпуск пружин или рессор — 400–420°С.

Твердость готовых пружин или рессор — 420–475 НВ.

Назначение. Крупные высоконагруженные плоские пружины и рессоры ответственного назначения. Пружины часовых механизмов и различных приборов.

Сталь склонна к обезуглероживанию.

Сталь имеет низкую коррозионную стойкость.

Прокаливаемость в масле до диаметра 50 мм (при структуре 90% мартенсита + 10% троостита).

| Предел выносливости, Н/мм ² [4] | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|--|---|---|-----|-----|-----|-----|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | +20 | 0 | –25 | –40 | –60 | –80 | |
| 540 | — | Закалка в масле, отпуск при 400°С. $\sigma_{0,2} = 1830$ Н/мм ² , $\sigma_b = 1980$ Н/мм ² , 495 НВ | — | — | — | — | — | — | — |
| 568 | — | Изотермическая закалка с выдержкой при 290°С. $\sigma_{0,2} = 1720$ Н/мм ² , $\sigma_b = 1950$ Н/мм ² | — | — | — | — | — | — | — |
| 578 | — | Изотермическая закалка с выдержкой при 290°С, отпуск при 325°С | — | — | — | — | — | — | — |

| 60С2ХА | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|------------------------------------|---|--------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-----|----------|-----|------|------|----|----|----|----|
| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{отп} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 880–890 | | — | 200 | — | — | — | — | 23 | 59 | | | | | | | | |
| | Отпуск | | | | | | | | | | | — | 250 | 2270 | 2380 | — | 28 | 27 | 58 |
| | | | | | | | | | | | | | 300 | 2210 | 2340 | 6 | 29 | 26 | 58 |
| | | | | | | | | | | | | | 350 | 2020 | 2240 | 8 | 29 | 23 | 57 |
| | | | | | | | | | | | | | 400 | 1830 | 1990 | 8 | 38 | 37 | 52 |
| | | | | | | | | | | | | | 450 | 1600 | 1730 | 9 | 39 | 53 | 48 |
| | | | | | | | | | | | | | 500 | 1400 | 1530 | 10 | 38 | 47 | 44 |
| | | | | | | | | | | | | | 550 | 1240 | 1380 | 10 | 38 | 60 | 40 |
| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °С | σ ₀ , Н/мм ² | Относительное напряжение (σ ₀ – σ ₁)/σ ₀ · 100% | | | | | | | | НВ | | | | | | | | |
| [24] | 250 | 1600 | 2,2 | | | | | | | | — | | | | | | | | |
| | 350 | 1620 | 2,2 | | | | | | | | — | | | | | | | | |
| | 450 | 1400 | 3,4 | | | | | | | | — | | | | | | | | |
| σ ₀ = 0,8 σ _{0,2} ; σ ₁ — напряжение через 100 ч. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [8] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка [15] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | ПС | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокаливаемость [4] | | | | | | | | | | Термообработка | | | | | | | | | |
| Расстояние от торца, мм | 3 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 36 | Закалка с 880°С | | | | | | | | | | |
| HRC | 62 | 62 | 61 | 57 | 48 | 40 | 36 | 36 | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций | | | В состоянии закалки и отпуска при σ _в = 1860 Н/мм ² K _v = 0,26 (твердый сплав), K _v = 0,1 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-------------------|---|---|--------------------------------------|-------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 70C2XA | | Сортовой прокат — ГОСТ 14959–79. Лента холоднокатаная — ГОСТ 2283–79, ГОСТ 21996–76, ГОСТ 21997–76. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 14959–79 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,65–0,75 | 1,40–1,70 | 0,40–0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,20–0,40 | ≤ 0,25 | — | — | ≤ 0,20 | 740 | 770 | — | — | 260 |
| 1 Температура нагрева 900°С. | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HV | Группы прочности ленты | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 2283–79 | В состоянии поставки: отожженная нагартованная | | | От 0,10 до 4,0 | — — | 880 780–1180 | 8 — | — — | — — | — | — | | | |
| ГОСТ 21996–76 | Лента холоднокатаная термообработанная | | | — | — — — | 1270–1570 1580–1860 Свыше 1860 | — — — | — — — | — — — | 375–485 486–600 Свыше 600 | 1П 2П 3П | | | |
| ДЦ | Закалка | 860–870 | Масло | — | 1670 | 1860 | 5 | 20 | — | HRC 44–48 | — | | | |
| | Отпуск | 400–420 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Тяжело нагруженные плоские пружины ответственного назначения. Пружины часовых механизмов и различных приборов. | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь склонна к обезуглероживанию. | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь имеет низкую коррозионную стойкость. | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокаливаемость в масле до диаметра 50 мм (при структуре 90% мартенсита + 10% троостита). | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | — | | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | — | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | — | — | | — | | | | — | | — | | | | |
| Заготовка | — | — | | — | | | | — | | — | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В состоянии закалки и отпуска при σ _b = 1860 Н/мм ² K _v = 0,26 (твердый сплав), K _v = 0,1 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|---|-------------|--------------------------------------|---|--------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|--|--|
| ШХ15 | | Сортовой прокат — ГОСТ 801–78. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 801–78 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni ¹ | Mo | Ti | Cu ¹ | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| 0,95–1,05 | 0,17–0,37 | 0,20–0,40 | ≤ 0,020 | ≤ 0,027 | 1,30–1,65 | ≤ 0,30 | — | — | ≤ 0,25 | 724 | 900 | 700 | 713 | | |
| ¹ Сумма Cu и Ni ≤ 0,50%. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 801–78 | Отжиг | 790–810 | Печь ² | — | Не определяются | | | | | | — | 179–207 | | | |
| | Закалка | 820–860 | Масло | — | Не определяются | | | | | | 58–62 | — | | | |
| | Отпуск | 150–160 | Воздух | — | Не определяются | | | | | | — | — | | | |
| ДЦ | Отжиг | 800 | Печь ² | — | 370–410 | 500–730 | 15–25 | 35–55 | 44 | — | 179–207 | | | | |
| | Закалка | 810 | Вода до 200°С, затем масло | 30–60 | 1670 | 2160 | — | — | 5 | 61–64 | — | | | | |
| | Отпуск | 150 | Воздух | 30–60 | 1670 | 2160 | — | — | 5 | 61–64 | — | | | | |
| ² Охлаждение с печью до 730°С, от 730 до 650°С охлаждение со скоростью 10–20°С/ч, далее на воздухе. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Втулки плунжеров, плунжеры, нагнетательные клапаны, седла нагнетательных клапанов, корпуса распылителей, ролики толкателей, кулачки, копиры, накладные направляющие и другие детали, к которым предъявляются требования высокой твердости, износостойкости и контактной прочности, кольца подшипников с толщиной стенки до 14 мм, шарики диаметром до 150 мм, ролики диаметром до 23 мм. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 25 | – 40 | – 50 | | | | |
| 333 | — | Отжиг. 192 HB. | | | | 88 | — | — | 69 | 64 | — | Закалка 830°С, масло. | | | |
| 804 | — | Закалка с 830°С в масле, отпуск при 150°С. 60 HRC. | | | | | | | | | | Отпуск 150°С, воздух. | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1150–800 | До 400 | Отжиг низкотемпературный | | | | До 250 | На воздухе | | | | | | | |
| Заготовка | 1150–800 | | 251–350 | В яме | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способ сварки: КТ. | | | В отожженном состоянии при 179–217 HB и σ _в = 730 Н/мм ² K _v = 0,90 (твердый сплав), K _v = 0,36 (быстрорежущая сталь) | | | | | Чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--------------------------------|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|
| ШХ15СГ | | Сортовой прокат — ГОСТ 801–78. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 801–78 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni ¹ | Cu ¹ | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,95–1,05 | 0,40–0,65 | 0,90–1,20 | ≤ 0,020 | ≤ 0,027 | 1,30–1,65 | ≤ 0,30 | ≤ 0,25 | 750 | 910 | 688 | — | |
| ¹ Сумма Cu и Ni ≤ 0,50%. | | | | | | | | | | | | |
| Примечания. 1. В стали полученной методом ЭШП, массовая доля S не должна превышать 0,01%, а P — 0,025%. 2. Для стали (ЭШП) сечением свыше 140 мм, предназначенной для изготовления крупногабаритных подшипников, устанавливаются суженные пределы: массовая доля Mn 1,00–1,20%; Cr — 1,40–1,65%; Si — 0,45–0,65%. 3. При выплавке стали в кислых маргеновских печах допускается массовая доля Cu до 0,30% при сохранении нормы суммарной массовой доли Cu и Ni не более 0,50%. 4. Массовая доля кислорода в стали должна быть не более 0,0015%. 5. Массовая доля Ti в стали должна быть не более 0,01%. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение ² , мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU ₂ , Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах |
| ГОСТ 801–78 | Отжиг | 790–810 | Печь ³ | — | Не определяются | | | | | | — | 179–217 |
| | Закалка | 810–840 | Масло | — | Не определяются | | | | | | 60–64 | — |
| | Отпуск | 150–160 | Воздух | — | Не определяются | | | | | | 60–64 | — |
| [1] | Отжиг | 790–810 | Печь ³ | — | 370–410 | 590–730 | 15–25 | 35–55 | 44 | — | 179–217 | |
| | Закалка | 810–840 | Масло | — | — | 1960–2350 | — | — | 3–7 | 60–64 | — | |
| | Отпуск | 150 | Воздух | — | — | — | — | — | — | 60–64 | — | |
| ² Сечения и размеры определяются следующими ГОСТ: горячекатаная круглая — ГОСТ 2590–88; горячекатаная квадратная — ГОСТ 2591–88; горячекатаная полосовая — ГОСТ 103–76; калиброванная круглая со специальной отделкой поверхности — ГОСТ 7417–75. | | | | | | | | | | | | |
| ³ Охлаждение с печью до 730°С, от 730 до 650°С охлаждение со скоростью 10–20°С/ч, далее на воздухе. | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Кольца роторов буровых машин, втулки плунжеров, плунжеры, нагнетательные клапаны, седла нагнетательных клапанов, корпуса распылителей, ролики толкателей, кулачки, копиры, накладные направляющие и другие детали, к которым предъявляются требования высокой твердости, износостойкости и контактной прочности, кольца и ролики крупногабаритных подшипников. | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | |
| 559 | — | 4 × 10 ⁷ | Закалка. Отпуск. 621–643 HB | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1150–800 | Кольца до 400 | Отжиг | | До 250 | На воздухе | | | | | | |
| Заготовка | 1150–800 | | низкотемпературный | | | 251–350 | В яме | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способ сварки: КТ | | | В отожженном состоянии при 179–217 HB и σ _b = 730 Н/мм ² K _v = 0,90 (твердый сплав), K _v = 0,36 (быстрорежущая сталь) | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | Склонна | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|---------------------------------|---------|---------|-----------|--------|----|----|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 95X18 (9X18, ЭИ 229) | | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,90–1,00 | ≤ 0,80 | ≤ 0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 17,0–19,0 | ≤ 0,60 | — | — | ≤ 0,30 | 830 | 1100 | 765 | 810 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|------------------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------|-------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Отжиг | 850–870 | С печью до 550°С, далее на воздухе | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 269 |
| | Закалка | 1000–1050 | Масло | — | Не определяются | | | | | ≥ 55 | — |
| | Отпуск | 200–300 | Воздух или масло | — | Не определяются | | | | | ≥ 55 | — |
| ДЦ | Закалка: | | | | | | | | | | |
| | подогрев | 850–860 | | | | | | | | | |
| | окончательный нагрев | 1000–1070 | Масло или воздух | — | — | 1980–2300 | — | — | 63 | ≥ 58 | — |
| | Обработка холодом | –70–80 | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 150–160 | Воздух | | | | | | | | |

Назначение. Втулки, оси, стержни, шариковые и роликовые подшипники и другие детали, к которым предъявляются требования высокой твердости и износостойкости, работающие при температуре до 500°С или подвергающиеся действию умеренно агрессивных сред.

Сталь коррозионно-стойкая мартенситного класса.

Коррозионная стойкость. Сталь обладает высокой стойкостью в морской и речной воде, в щелочных растворах с концентрацией 1–20% и в органических веществах (сырая нефть при 20–200°С); хорошей стойкостью в азотной и уксусной кислотах; удовлетворительной стойкостью в ортофосфорной кислоте и плохой стойкостью в соляной и серной кислотах.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|---|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| 960 | — | Закалка с 1050°С в масле, отпуск при 150°С, 60 HRC. | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–850 | До 700 | Отжиг с перекристаллизацией, отпуск | До 700 | Отжиг с перекристаллизацией, отпуск |
| Заготовка | 1180–850 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|---|
| Не применяется для сварных конструкций. | В отожженном состоянии при 212–217 НВ и $\sigma_B = 700$ Н/мм ² K _v = 0,86 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | В рабочем интервале температур 120–400°С – не склонна; склонна при температуре 450–600°С |

СТАЛИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫЕ, КОРРОЗИОННО-СТОЙКИЕ, ЖАРОСТОЙКИЕ И ЖАРОПРОЧНЫЕ

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|---|--------------------------|---|--|--|-----------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|
| 03X8CЮЦ (ЭП 889) | | Прутки горячекатаные — ТУ 14-131-359-77. | | | | | | | | | | | |
| | | Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-131-359-77 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Al | Zr | Ce | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,03 | 1,20–1,80 | ≤ 0,50 | ≤ 0,01 | ≤ 0,01 | 7,00–8,50 | ≤ 0,35 | 0,70–1,00 | 0,01–0,10 | По расчету до 0,20 | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ТУ 14-131-359-77 | — | — | — | 10 | По согласованию | | | | | | — | — | |
| Назначение. Для шпования поверхностей нагрева НРЧ паровых котлов, труб системы дистанционирования КПП в переходном газоходе, а также для изготовления деталей и других узлов конструкций взамен стали 12X1МФ, работающих в окислительных газовых средах при температуре до 900°С. | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Теплофизические свойства | | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | t, °С | Свойство | | | | | | | | |
| | | | | | Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·град) | Удельное электросопротивление, 10 Ом·м | | | | | | | |
| Воздух | 700 | 0,008 | 5000 | 20 | 21,8 | | | | | | | | |
| | 800 | 0,010 | 5000 | | 76,0 | | | | | | | | |
| | 900 | 0,020 | 5000 | | 89,0 | | | | | | | | |
| Продукты сгорания природного газа: 15% CO ₂ , 10% H ₂ O, 0,15% SO ₂ , N ₂ – остальное | 700 | 0,010 | 5000 | 600 | 108,1 | | | | | | | | |
| | 800 | 0,012 | 5000 | 900 | 126,6 | | | | | | | | |
| Стойкость стали в контакте с карборундовыми массами, применяемыми на ТЭС | | | | | | | | | | | | | |
| Состав карборундовой массы, % | | | | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | | | | | |
| Карбид кремния – 85; триполифосфат натрия – 3; каолин – 5; вода – 7 | | | | 900 | 0,12 | 2000 | | | | | | | |
| Карбид кремния – 70; ортофосфорная кислота – 14; каолин – 6; корунд – 10 | | | | 900 | 0,10 | 2000 | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметрыковки, °С | | | Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | |
| 1140–800 | | | Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | | В состоянии поставки при σ _в = 500 Н/мм ² K _v = 1,2 (твердый сплав), K _v = 0,96 (быстрорежущая сталь) | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|---|----------------|--|---|-----------------------------------|---|----------------------------|------------------------------|----------------------|----------|----|---|
| 12X8ВФ (1X8ВФ) | | Прокат — ГОСТ 20072–74. Поковки — ГОСТ 20072–74. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 20072–74 | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | V | W | Cu | | | | | | |
| 0,08–0,15 | ≤ 0,60 | ≤ 0,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 7,00–8,50 | 0,30–0,50 | 0,60–1,00 | ≤ 0,30 | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 20072– 74 | Отжиг | 840–860 | С печью | До 200 | Образцы продольные | | | | | | | | | |
| | | | | | 165 | 390 | 22 | 50 | 98 | — | 217 | | | |
| Примечание. Нормы механических свойств относятся к образцам, отобранным от прутков диаметром или толщиной до 90 мм включительно. При испытании прутков диаметром или толщиной свыше 90 до 150 мм допускается понижение δ на 2 абс. %, ψ на 5 абс. % и KCU на 10 отн. % по сравнению с нормами, указанными в таблице. Для прутков диаметром или толщиной 151 мм и выше допускается понижение δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. % и KCU на 15 отн. %. Нормы механических свойств прутков диаметром или толщиной свыше 90 мм, перекаленных или перекованных на круг или квадрат размером 90 мм, должны соответствовать требованиям таблицы. | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| [20] | Нормализация | 1030–1050 | Воздух | 5–25 | Образцы поперечные | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 680–700 | Воздух | | 220 | 400 | 20 | 50 | 100 | — | — | | | |
| Назначение. Трубы печей, аппаратов и коммуникаций нефтезаводов и другие детали, работающие при температуре от минус 40°C до 550°C под давлением в серосодержащих средах. Срок службы от 1000 до 10000 ч (в отдельных случаях до 20000 ч). Рекомендуемая температура применения 500°C. | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| [20] | Нормализация | 1050 | Воздух | 20 | 600 | 734 | 14 | 73 | — | — | | | | |
| | | | | | Отпуск | 700 | Воздух | 500 | 350 | 480 | 12 | 78 | — | — |
| | | | | | | | | | 600 | 197 | 354 | 20 | 91 | — |
| Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C [20] | | | | | | Жаростойкость [20] | | | | | | | | |
| + 20 | 0 | – 10 | – 25 | – 40 | – 60 | Термообработка | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | |
| 246 | 187 | 200 | 116 | 87 | — | Нормализация 1000°C, воздух. Отпуск 700°C, воздух | | Температура начала интенсивного окисления 650°C | | | | | | |
| Технологические характеристики [20] | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | До 700 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | До 100 | На воздухе | | | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | 101–250 | В яме с закрытой крышкой | | | | | | | |
| | | | | | | 251–300 | В яме с подогревом | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | Обработываемость резанием | | | | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способ сварки: РД. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | | | В отожженном состоянии при $\sigma_b = 400$ Н/мм ² $K_v = 1,0$ (твердый сплав), $K_v = 0,75$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|-----------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| 10Х9МФБ (ДИ 82) | | Трубная заготовка — ТУ 14-134-319-93. Трубы холоднодеформированные — ТУ 14-3-1412-86. Трубы горячедеформированные — ТУ 14-3Р-55-2001. Лист — ТУ 14-1-3946-85. Лист, поковки — ТУ 0900-006-057644-17-99. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-134-319-93 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Mn | Cr | S | P | Mo | V | Nb | Ni | Si | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,08–0,12 | 0,30–0,60 | 8,60–10,00 | ≤ 0,030 | ≤ 0,015 | 0,60–0,80 | 0,10–0,20 | 0,10–0,20 | ≤ 0,70 | ≤ 0,50 | 810–820 | 870–910 | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ТУ 14-134-319-93 | Нормализация | 1030–1050 | Воздух | 90–180 | 400 | 600 | 20 | 55 | 59 | — | — | | | |
| | Отпуск | 740–780 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-3Р-55-2001 | Нормализация | 1030–1050 | Воздух | φ 108–325 s 6,0–30 | 343 | 490 | 17 | — | 98 | — | — | | | |
| ТУ 14-1-3946-85 | Нормализация | 1030–1050 | Воздух | 2,0–30 | 343 | 540 | 20 | — | 59 | — | — | | | |
| | Отпуск | 740–780 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-1412-86 | Отпуск | 740–780 | Воздух | φ 16–89 s 2,5–8,0 | 343 | 490 | 20 | — | — | — | — | | | |
| ТУ 0900-006-057644-17-99 | Нормализация | 1030–1050 | Воздух | 10–160 | 400 | 600 | 20 | 55 | 59 | — | — | | | |
| | Отпуск | 740–780 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| | Закалка Отпуск | 1030–1050 740–780 | Вода, масло Воздух | | | | | | | | | До 600 | 400 | 600 |
| Назначение. Пароперегревательные и паропроводные трубы котлов высокого и сверхвысокого давления, работающие при температуре до 620°С, а также тройники, переходники и другие детали паровых котлов. Пароперегревательные и паропроводные трубы, трубные решетки и другие детали АЭС, работающие при температурах до 550°С. | | | | | | | | | | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | | База испытаний, ч | | | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | Окалиностойкая до температуры 620°С | | | | | | | | | | |
| Время, ч | t, °С | KCV, Дж/см ² | | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | | 196–243 | | | | | | | | | | | |
| 10000 | 250 | 186–237 | | | | | | | | | | | | |
| 10000 | 300 | 230–240 | | | | | | | | | | | | |
| 10000 | 350 | 217–237 | | | | | | | | | | | | |
| 10000 | 400 | 200–217 | | | | | | | | | | | | |
| 10000 | 450 | 190–232 | | | | | | | | | | | | |
| 10000 | 475 | 202–223 | | | | | | | | | | | | |
| 10000 | 500 | 170–180 | | | | | | | | | | | | |
| 10000 | 550 | 150–160 | | | | | | | | | | | | |
| 10000 | 600 | 180–190 | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °С | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | | |
| Общая | | Паровоздушная смесь | | | 550 | 2500 | | 1 | | | | | | |
| | | Вода, содержащая 1 мг/кг Cl ⁻ и 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | | | 350 | 3000 | | 1 | | | | | | |
| Точечная | | — | | | — | — | | — | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | 42% Mg Cl ₂ | | | 154 | 500 | | Трещин не обнаружено. | | | | | | |
| | | 25% NaCl + 0,5% K ₂ Cr ₂ O ₇ | | | 200 | 500 | | | | | | | | |
| | | Вода, содержащая 200 мг/кг Cl ⁻ и 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | | | 350 | 3000 | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | — | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1200–850 | До 300 | | В штабелях на воздухе | | До 300 | | В штабелях на воздухе | | | | | | |
| Заготовка | 1150–850 | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, МП и КТ. Рекомендуется последующая термообработка | | | | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при σ _b ≥ 490 Н/мм ² K _r = 2,27 (твердый сплав), K _r = 2,20 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|---|-----------|---------|-----------|----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
| 10X9B2MФБР-Ш | | Трубная заготовка (слиток) — ТУ 14-136-349-2008. Трубы горячедеформированные — ТУ 14-3P-55-2001. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-136-349-2008 | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| 0,10–0,12 | 0,15–0,20 | 0,45–0,60 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 8,50–9,00 | ≤ 0,20 | 849 | 941 | — | — | 385 | 212 |
| Nb | W | Mo | V | Al | N | B ¹ | | | | | | |
| 0,05–0,08 | 1,50–1,75 | 0,40–0,60 | 0,18–0,23 | ≤ 0,015 | 0,03–0,07 | 0,003–0,006 | | | | | | |
| ¹ Содержание бора в стали указано «по расчету». | | | | | | | | | | | | |
| Способ выплавки: открытый + электрошлаковый (Ш). | | | | | | | | | | | | |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----|-------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-136-349-2008 | Отжиг | | | 450–540 | Не определяются | | | | | — | — |
| ТУ 14-3P-55-2001 | Закалка | 1030–1070 | Воздух | ∅ 246–465 | 420 | 620 | 17 ² | 50 ² | 49 ² | — | ≤ 255 |
| | Отпуск | 730–760 | Воздух | s 9,0–75,0 | | | 19 ³ | 55 ³ | 59 ³ | | |

² Образцы продольные.

³ Образцы поперечные.

Назначение. Трубы для паропроводов и коллекторов установок высокого и сверхвысокого давления, работающие при температуре до 620°С, а также тройники, переходники и другие детали.

Сталь мартенситного класса.

| Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | Термообработка | Пределы длительной прочности ⁴ | | |
|---|------|-----|------|---|---|---|-----|
| | | | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | |
| – 40 | – 20 | 0 | + 20 | Закалка на воздухе с 1040–1060 °С, отпуск — 3 часа при 730–750 °С. Образцы поперечные | 600 | 115 | 105 |
| 30 | 58 | 110 | 160 | | 620 | 92 | 81 |
| | | | | | 650 | 58 | 51 |
| | | | | | ⁴ В соответствии с ТУ 14-3P-55-2001. | | |

| Технологические характеристики | | |
|---------------------------------------|--|---|
| Температурные параметрыковки, °С | Свариваемость | Обрабатываемость резанием |
| 1180–800 | Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ. Необходимы предварительный и сопутствующий подогревы и последующая термообработка. | В отпущенном состоянии при 230 HB и σ _в ≥ 620 Н/мм ² K _v = 1,4 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|-------------------|--|---|---|-----------------|---|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| 10Х9К3В2МФБР-Ш | | Поковка — НД заводов-изготовителей. Трубная заготовка — НД заводов-изготовителей. Трубы холодно-, тепло- и горячедеформированные — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-136-349-2008 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Co | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| 0,08–0,12 | ≤ 0,10 | 0,20–0,40 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 8,50–9,50 | 0,04–0,06 | 2,50–3,50 | 825 | 867 | — | — | 396 | 243 |
| Nb | W | Mo | V | Al | N | B ¹ | | | | | | | |
| 0,06–0,08 | 1,80–2,20 | 0,40–0,60 | 0,18–0,25 | ≤ 0,015 | 0,03–0,07 | 0,005 | | | | | | | |
| ¹ Содержание бора в стали указано «по расчету». | | | | | | | | | | | | | |
| Способ выплавки: открытый + электрошлаковый (Ш). | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ДЦ | Закалка | 1030–1070 | Воздух | ø 10–425 | 450 | 630 | 17 ² | 50 ² | 49 ² | — | ≤ 255 | | |
| | Отпуск | 740–780 | Воздух | | | | s 2,0–75,0 | 19 ³ | 55 ³ | | | 59 ³ | |
| ² Образцы продольные. | | | | | | | | | | | | | |
| ³ Образцы поперечные. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Трубы паропроводов, пароперегревателей и коллекторов установок высокого и сверхвысокого давления, работающие при температуре до 650°С, а также тройники, переходники и другие детали. | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь мартенситного класса. | | | | | | | | | | | | | |
| Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | Термообработка | Пределы длительной прочности ⁴ | | | | | | | | |
| – 40 | – 20 | 0 | + 20 | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | |
| 77 | 92 | 139 | 164 | Закалка на воздухе с 1030–1050 °С, отпуск — 3 часа при 750–770 °С. Образцы поперечные | 600 | 1·10 ⁵ | | | | | | | |
| | | | | | 620 | 150 | | | | | | | |
| | | | | | 650 | 120 | | | | | | | |
| | | | | | 600 | 80 | | | | | | | |
| ⁴ Данные ЦНИИТМАШ. | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметры ковки, °С | | | | Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | |
| 1180–800 | | | | Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ. Необходимы предварительный и сопутствующий подогревы и последующая термообработка. | | | | В отпущенном состоянии при 230 HB и σ _в ≥ 630 Н/мм ² K _v = 1,4 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|---------------------------------|---------|---------|----------|--------|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
| 40X9C2 (4X9C2, ЭСХ 8) | | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,35–0,45 | 2,00–3,00 | ≤ 0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 8,0–10,0 | ≤ 0,60 | ≤ 0,30 | 900 | 970 | 810 | 970 |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------|-------------------|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Отжиг | 850–870 | Воздух | До 60 ¹ | 440 | 740 | 15 | 35 | — | — | — |

¹ Для стали диаметром или толщиной свыше 60 до 100 мм допускается снижение δ на 1%, ψ на 5%; свыше 100 до 150 мм — δ на 3%, ψ на 10%.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----------------|----------------------|----------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 24.4.135–77 | Закалка | 900–1100 | Масло | — | 690 | 880 | 25 | 59 | 70 | — | — |
| | Отпуск | 500–540 | Воздух | | | | | | | | |

Назначение. Элементы теплообменников, клапаны впуска и выпуска автомобильных, тракторных и дизельных моторов, колосники.

Сталь жаростойкая и жаропрочная мартенситного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² [4] | τ ₋₁ | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|---|---|---|------|------|------|------|----------------|
| | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | |
| 676 | 519 | Закалка с 850°С в масле, отпуск при 420°С | — | — | — | — | — | — | — |
| 666 | — | Закалка с 850°С в масле, отпуск при 475°С. σ _{0,2} = 1590 Н/мм ² , σ _в = 1630 Н/мм ² , 485 HB | | | | | | | |
| 725 | — | Закалка с 850°С в масле, отпуск при 500°С. σ _{0,2} = 1430 Н/мм ² , σ _в = 1570 Н/мм ² | | | | | | | |

| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------------------------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Отжиг | 850–870 | | | 20 | 640 | 880 | 20 | 58 | — | — |
| | | | | | 200 | 550 | 820 | 18 | 64 | — | — |
| | | | | | 300 | 520 | 780 | 18 | 63 | — | — |
| | | | | | 400 | 450 | 780 | 18 | 62 | — | — |
| | | | | | 500 | 410 | 590 | 17 | 65 | — | — |
| | | | | | 600 | 390 | 520 | 17 | 80 | — | — |
| | | | | | 700 | 170 | 215 | 18 | 92 | — | — |
| | | | | | 800 | 49 | 78 | 22 | 99 | — | — |
| | Прокатка и отжиг. Скорость деформирования 1,1 мм/мин; скорость деформации 0,0004 1/с | Образец ø 10 длина 50 | 700 | — | 135 | 54 | 95 | — | — | | |
| | | | 800 | — | 51 | 70 | 98 | — | — | | |
| | | | 900 | — | 59 | 34 | 59 | — | — | | |
| | | | 1000 | — | 45 | 29 | 45 | — | — | | |
| | | 1100 | — | 23 | 33 | 42 | — | — | | | |
| | | 1200 | — | 16 | 71 | 74 | — | — | | | |

| 40X9C2 (4X9C2, ЭСХ 8) | | | | | | | |
|---|--|--|-------------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------|----------------|
| Пределы ползучести | | | | | | | |
| НД | t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | |
| | | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | 1/10 ⁶ | | | |
| [4] | 425 | 197 | 67 | — | | | |
| | 500 | — | — | 98 | | | |
| | 550 | 27–32 | 10–14 | — | | | |
| | 600 | — | — | 25 | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | Жаростойкость [1] | | | | |
| — | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | Окалиностойкая до 800°C | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | |
| Исходное состояние | | — | | | | | |
| Сталь склонна к отпускной хрупкости после длительной выдержки при 475°C | | | | | | | |
| Свойство | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , и твердость, НВ, при t отпуска, °C [1] | | | | | | Термообработка |
| | + 300 | + 400 | + 500 | + 600 | + 700 | + 800 | |
| Ударная вязкость | 18 | 17 | 16 | 39 | 69 | 93 | ПС |
| Твердость | 600 | 570 | 410 | 350 | 300 | 300 | |
| Технологические характеристики [1, 4] | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | |
| Слиток | 1150–850 | До 300 | В печах | | До 300 | В печах | |
| Заготовка | 1150–850 | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | Флокеночувствительность | | |
| Не применяется для сварных конструкций | | В термообработанном состоянии при $\sigma_b \geq 650$ Н/мм ² $K_v = 0,8$ (твердый сплав) | | | Не чувствительна | | |
| | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | |
| | | | | | Склонна | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------------------|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|--|-----------------|-------------------------|-------------------------|---------|
| 40X10C2M (4X10C2M, ЭИ 107) | | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | Температура критических точек, °C | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Mo | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,35–0,45 | 1,90–2,60 | ≤ 0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 9,0–10,5 | 0,70–0,90 | 810 | 950 | 700 | 845 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1010–1050 | Воздух или масло | До 60 ¹ | 735 | 930 | 10 | 35 | 20 | — | 197–269 |
| | Отпуск | 720–780 | Масло | | | | | | | | |
| ¹ Для стали диаметром или толщиной свыше 60 до 100 мм допускается снижение δ на 1%, ψ на 5%, KCU на 4,9 Дж/см ² ; свыше 100 до 150 мм – δ на 3%, ψ на 10%, KCU на 9,8 Дж/см ² . | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Клапаны впуска авиадвигателей и выпуска автомобильных, тракторных и дизельных двигателей, крепежные детали моторов. Сталь жаростойкая и жаропрочная мартенситного класса. | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | | | | |
| Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | | | | | | |
| Окалиностойкая до 800°C | | | | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | |
| | | | | Время, ч | | | | t, °C | | KCU, Дж/см ² | |
| | | | | Исходное состояние | | | | | | 29 | |
| | | | | 1000 | | | | 500 | | 17 | |
| | | | | 3000 | | | | 500 | | 29 | |
| 5000 | | | | 500 | | 16 | | | | | |
| Свойство | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , и твердость, HB, при t отпуска, °C | | | | | | Термообработка | | | | |
| | + 200 | + 300 | + 400 | + 500 | + 600 | + 700 | | | | | |
| Ударная вязкость | 39 | — | — | — | — | 58 | | | | | |
| Твердость | 555 | 540 | 570 | 545 | 400 | 250 | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметры ковки, °C | | | Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | |
| 1150–850 | | | Трудно свариваемая. Способ сварки: РД. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | | В термообработанном состоянии при σ _n = 930 Н/мм ² K _r = 0,8 (твердый сплав) | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|---|------------------------------------|--|----------------|---|-------------------------|--|----|
| 30X10Г10 | | Отливки — НД заводов. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | |
| С | | Si | | Mn | | S | | P | | Cr | |
| 0,28–0,32 | | 0,30–0,50 | | 9,00–11,00 | | ≤ 0,030 | | ≤ 0,030 | | 9,00–11,00 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| | Отпуск | 540–570, 10 ч | С печью до 150–200, далее воздух | Прутки кованые До 250 | 400 | 700 | 16 | — | — | — | — |
| | Закалка | 1100, 4 ч | Вода | | | | | | | | |
| | Закалка | 1050–1100 | Вода | | 245–265 | 470–490 | 3,0–7,0 | 4,7–8,3 | — | — | — |
| | Нормализация | 1050–1100 | Воздух | | 230–250 | 370–410 | 3,0–4,2 | 3,0–10,3 | — | — | — |
| Назначение. В гидротурбостроении для литых и сварно-витых рабочих колес и в виде облицовки. | | | | | | | | | | | |
| Усталостная прочность, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | |
| 170–180 | — | Клин (в земляной форме). Толщина сечения 250 мм. Закалка 1100°C, вода | | 129–161 | — | 34–64 | 24–30 | — | — | Отпуск 540–570°C, печь. Закалка 1100°C, вода | |
| Кавитационная стойкость | | | | | | Кавитационно-коррозионная стойкость | | | | | |
| Номер образца | Потеря веса, мг, за время испытаний, ч | | | Номер образца | Потери веса при испытаниях, мг | | Термообработка | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | | 288 ч | 576 ч | | | | | |
| 1 | 0,8 | 1,7 | 3,2 | 1 | 2,0 | 34 | — | | | | |
| 2 | 1,4 | 3,4 | 5,9 | | | | | | | | |
| 3 | 1,4 | 3,6 | 6,2 | | | | | | | | |
| Среднее | 1,2 | 2,9 | 5,1 | 2 | 16 | 3,2 | | | | | |
| 4 | 1,0 | 2,5 | 5,5 | 3 | 1,6 | 2,8 | | | | | |
| 5 | 4,0 | 7,6 | 11,2 | | | | | | | | |
| 6 | 2,4 | 5,3 | 9,3 | | | | | | | | |
| Среднее | 2,5 | 5,1 | 8,7 | Среднее | 1,7 | 3,1 | | | | | |
| Испытания на магнитоэрикссионном вибраторе. Амплитуда колебаний 0,07 мм, частота колебаний 8100 Гц. | | | | | | Испытания проводились на магнитоэрикссионном вибраторе по методу чередования кавитационного (5 мин) и коррозионного (24 ч) воздействия, взвешивание через 12 циклов. | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °C | | — | | Жидкотекучесть | | $K_{ж.т} = 1,0–1,1$ | | Склонность к образованию усадочной раковины | | $K_{у.р} = 1,0$ | |
| Линейная усадка, % | | 2,8–2,9 | | Показатель трещиностойчивости | | $K_{т.у} = 0,8–0,9$ | | Склонность к образованию усадочной пористости | | $K_{у.п} = 1,2$ | |
| Температура ликвидуса, °C | | 1460 | | Температура металла в ковше, °C | | Объемная усадка, см ³ | | Температура перегрева над ликвидусом, °C | | Объемная усадка, см ³ | |
| | | | | 1500 | | 14–22 | | 50 | | 16–22 | |
| Температура образования окисленной пленки, °C | | 1630 | | 1550 | | 16–22 | | 100 | | 16–22 | |
| | | | | 1600 | | 20–23 | | 150 | | 20–23 | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | |
| 1. Жидкотекучесть данной марки стали при одинаковых температурах несколько выше, чем у стали марки 30Л1, а при равном перегреве над ликвидусом несколько ниже. Марганец повышает жидкотекучесть стали, а хром ее понижает. Для данной марки стали влияние марганца несколько преобладает над влиянием хрома. | | | | | | | | | | | |
| 2. При минимальном перегреве металла над ликвидусом (порядка 50°C) величина усадочных раковин у данной марки стали выше, чем у стали марки 30Л1, при перегреве 150°C величины усадочных раковин практически одинаковы. | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обработываемость резанием | | | | | |
| Трудно свариваемая. | | | | | | $K_v = 0,25$ (твердый сплав) | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|---|-------------------|-------------|--|------------------------------------|--|-------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| 15X11МФ (1X11МФ) | | Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Прутки и полосы — ГОСТ 18968–73. Прутки фасонные — ГОСТ 19442–74. Заготовки лопаток турбин и компрессоров — ОСТ 108.020.03–82, ОСТ 108.020.123–78. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ag ₁ | Ag ₃ |
| 0,12–0,19 | ≤ 0,50 | ≤ 0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 10,0–11,5 | ≤ 0,60 | 0,60–0,80 | 0,25–0,40 | ≤ 0,30 | — | 880 | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 5949-75 | Отжиг или отпуск | ПС | | До 200 | — | — | — | — | — | — | ≤ 229 | | |
| | Закалка | 1030–1060 | Масло | До 200 | 490 | 690 | 15 | 55 | 59 | — | — | | |
| | Отпуск | 700–740 | Масло | | | | | | | | | | |
| В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают: | | | | | | | | | | | | | |
| а) с травленной поверхностью; | | | | | | | | | | | | | |
| б) с нормированной чистотой стали по волосовинам, выявленным потребителем на готовых деталях визуально; | | | | | | | | | | | | | |
| в) с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами; | | | | | | | | | | | | | |
| г) с проверкой длительной прочности стали; | | | | | | | | | | | | | |
| д) с проверкой механических свойств при повышенных температурах; | | | | | | | | | | | | | |
| е) с нормированием содержания газов в стали; | | | | | | | | | | | | | |
| ж) с контролем на излом; | | | | | | | | | | | | | |
| з) с механическими свойствами, повышенными или в более узких пределах по сравнению с указанными в таблице; | | | | | | | | | | | | | |
| и) с контролем на загрязненность стали неметаллическими включениями; | | | | | | | | | | | | | |
| к) с проверкой величины зерна. | | | | | | | | | | | | | |
| Примечание. | | | | | | | | | | | | | |
| Нормы при испытаниях по подпунктам в, г, д, е, ж, з, и, к устанавливаются по согласованию потребителя с изготовителем. | | | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , (неразрушающее напряжение) за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | | |
| ГОСТ 5949-75 | Закалка | 1050 | Воздух | 550 | 196 | 147–167 | — | 88 | | | | | |
| | Отпуск | 740 | Воздух | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | |
| ГОСТ 18968–73 | Нормализация или закалка | 1050–1100 | Воздух или масло | До 60 | Болты, шпильки, пробки, хомуты, гайки, шайбы | | | | | | | | |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух | | От 61 до 100 | 590–755 | 740 | 15 | 50 | 59 | — | 229–269 | |
| | | | | | 590–755 | 740 | 14 | 45 | 54 | — | 229–269 | | |
| Для прутков и полос в отожженном состоянии из стали марок 15X11МФ и 15X11МФ–Ш число твердости должно быть не более 229 HB. | | | | | | | | | | | | | |

15X11МФ (1X11МФ)

Механические свойства при комнатной температуре

Механические свойства прутков при испытании цилиндрических образцов

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ | КП | | | | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|----------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|---------|-----|-------------------------|--|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19442– 74 | Закалка | 1050–1100 | Воздух или масло | До 60 | 539–656 | 686 | 15 | 50 | 59 | 217–255 | 540 | | | | | | |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух | До 60 | 588–754 | 735 | 15 | 50 | 59 | 229–269 | 590 | | | | | | |
| | | | | До 60 | 666–784 | 813 | 13 | 40 | 39 | 255–286 | 685 | | | | | | |

Примечания.

1. Нормы распространяются на прутки с наибольшей толщиной до 60 мм. При толщине прутков более 60 мм допускается понижение относительного удлинения (δ) на 1% и относительного сужения (ψ) на 5% по сравнению с указанными в таблице, а также ударной вязкости на 4,9 Дж/см² при норме менее 78,4 Дж/см² и на 9,8 Дж/см² при норме 78,4 Дж/см² и более.

2. Нормы на ударную вязкость распространяются только на фасонные прутки для лопаток с наибольшей толщиной профиля 12 мм и более.

3. Нормы на твердость распространяются на все фасонные прутки для лопаток и на прутки для связи лопаток и на прутки для связи лопаток с наибольшей шириной (диаметром) более 10 мм.

Механические свойства при испытании фасонных прутков для лопаток и прутков для связи лопаток

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ | КП | | | | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|----------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|---------|-----|-------------------------|--|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19442– 74 | Закалка | 1050–1100 | Воздух или масло | До 60 | — | 686–822 | 15 | — | — | 217–255 | 540 | | | | | | |
| | Отпуск | 660–670 | Воздух | До 60 | — | 735–931 | 15 | — | — | 229–269 | 590 | | | | | | |
| | | | | До 60 | — | 813–980 | 13 | — | — | 255–286 | 685 | | | | | | |

Примечания.

1. Для прутков толщиной более 60 мм допускается снижение относительного удлинения на 1%.

2. При испытаниях образцов с расчетной длиной 100 мм и прутков с $\ell_0 = 11,3 \cdot \sqrt{F_0}$ (где F_0 — фактическое сечение профиля) допускается понижение относительного удлинения при норме 16% и более на 4%, при норме 13–15% на 2%.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|----------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|---------|----------|--|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700– 75 | Закалка | 1060–1100 | Воздух или масло | До 200 | Гайки | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 680–750 | Воздух | | — | — | — | — | — | — | 187–217 | | | | | | |

Примечания.

1. Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.

2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.

3. Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.

4. Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.

5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше $10^4/\sigma_B$ (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|----------------------|----------------------|-----------|----------------------|-------|--|-------------------|---|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | | 1/10 ⁵ |
| | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700– 75 | Закалка | 1060–1100 | Воздух или масло | 550 | 160–210 | 130–160 | 90 | |
| | Отпуск | 680–750 | Воздух | 565 | (140–165) ¹ | — | — | |

¹ В скобках даны экстраполированные значения.

| 15X11MФ (1X11MФ) | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------------------|----------------------|---|-------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.020. 03–82 | Закалка | 1070 | Масло | Замок до 60 | 539–686 | 686 | 15 | 50 | 59 | — | 217–255 |
| | Отпуск | 720 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1095 | Масло | Замок до 60 | 568–755 | 755 | 14 | 50 | 59 | — | 229–269 |
| | Отпуск | 710 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1050 | Масло | Замок до 60 | 666–813 | 784 | 13 | 40 | 39 | — | 241–285 |
| | Отпуск | 680 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1070 | Масло | Замок свыше 60 | 539–686 | 686 | 14 | 45 | 59 | — | 217–255 |
| | Отпуск | 720 | Воздух | | | | | | | | |
| Закалка | 1095 | Масло | Замок свыше 60 | 568–755 | 755 | 13 | 45 | 59 | — | 229–269 | |
| Отпуск | 710 | Воздух | | | | | | | | | |
| Закалка | 1070 | Масло | Замок свыше 60 | 666–813 | 784 | 12 | 35 | 39 | — | 241–285 | |
| Отпуск | 680 | Воздух | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.020. 123–78 | Закалка | 1030–1060 | Масло | — | 539 | 686 | 15 | 50 | 59 | — | 217 |
| | Отпуск | 720 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1080–1100 | Масло | — | 568 | 755 | 14 | 50 | 59 | — | 229 |
| | Отпуск | 710 | Воздух | | | | | | | | |

Назначение. Рабочие лопатки, бандажы и другие детали, работающие при температуре до 560°C. Болты, шпильки, пробки, хомуты и гайки с предельной температурой среды до 560°C (условное давление P_y, Н/мм² не ограничено), шайбы с предельной температурой среды до 580°C (условное давление P_y, Н/мм² не ограничено).

Сталь жаропрочная мартенситного класса, обладает высокой деформационной способностью и коррозионной стойкостью.

Предел выносливости, Н/мм² [3]

| t, °C | Вид образца | | | | N | Термообработка |
|-------|---------------|-------------|---------------|-------------|-----------------|--|
| | Гладкий | | С надрезом | | | |
| | σ_{-1} | τ_{-1} | σ_{-1} | τ_{-1} | | |
| 550 | 250 | — | 170 | — | 10 ⁸ | Нормализация 1080–1100, воздух Отпуск 720–740, 2 ч |

Механические свойства стали при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HB |
|--------|----------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [3, 6] | Закалка Отпуск | 1080–1100 720–740, 2 ч | Воздух Воздух | Пруток продоль- ные образцы | 20 | 550 | 740 | 17 | 66 | 150 | — |
| | | | | | 400 | 480 | 600 | 15 | 66 | 190 | — |
| | | | | | 450 | 440 | 550 | 18 | 61 | 200 | — |
| | | | | | 500 | 420 | 510 | 21 | 68 | 210 | — |
| | | | | | 550 | 440 | 540 | 16 | 65 | 200 | — |
| | | | | | 600 | 410 | 450 | 20 | 78 | 210 | — |
| | Закалка Отпуск | 1080–1100 670–680, 5 ч | Воздух Воздух | Пруток продоль- ные образцы | 20 | 690 | 850 | 15 | 55 | 50 | — |
| | | | | | 400 | 640 | 750 | 13 | 57 | 140 | — |
| | | | | | 450 | 570 | 650 | 15 | 61 | 160 | — |
| | | | | | 500 | 530 | 590 | 18 | 69 | 150 | — |
| | | | | | 550 | 530 | 590 | 14 | 64 | 130 | — |
| | | | | | 600 | 510 | 540 | 17 | 75 | 140 | — |

| 15X11МФ (1X11МФ) | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|---|
| Механические свойства стали после различных режимов термической обработки | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [3, 6] | Нормализация | 1050–1100 | Воздух | Пруток | 770 | 900 | 15 | 55 | 55 | — | |
| | Отпуск | 650, 5 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 650, 10 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 650, 25 ч | Воздух | | 720 | 880 | 16 | 60 | 65 | — | |
| | Нормализация | 1050–1100 | Воздух | | 700 | 860 | 16 | 60 | — | — | |
| | Отпуск | 675, 2 ч | Воздух | | 800 | 900 | 14 | 60 | 50 | — | |
| | Отпуск | 675, 5 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 675, 10 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 675, 25 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Нормализация | 1050–1100 | Воздух | | продольные образцы | 760 | 860 | 15 | 60 | 70 | — |
| | Отпуск | 700, 2 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 700, 5 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 700, 10 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 700, 25 ч | Воздух | 700 | | 820 | 16 | 60 | 70 | — | |
| | Нормализация | 1050–1100 | Воздух | 690 | | 830 | 15 | 62 | 75 | — | |
| | Отпуск | 725, 2 ч | Воздух | 580 | | 750 | 18 | 62 | 120 | — | |
| | Отпуск | 725, 5 ч | Воздух | 700 | | 800 | 15 | 60 | 80 | — | |
| | Отпуск | 725, 10 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Нормализация | 1050–1100 | Воздух | 550 | 740 | 20 | 66 | 140 | — | | |
| | Отпуск | 740, 2 ч | Воздух | | | | | | | | |
| Отпуск | 740, 5 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| Отпуск | 740, 5 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| Отпуск | 740, 5 ч | Воздух | 530 | 720 | 21 | 66 | 140 | — | | | |

Механические свойства стали (продольные образцы от прутка) при 20°C после старения при различных температурах и временах выдержки

| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|--------|------------------------|------------------|-------------------|--------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | |
| | | | | | | не менее | | | | | |
| [3, 6] | Нормализация Отпуск | 1100 740, 2 ч | Воздух Воздух | Исходное состояние | | 580 | 740 | 17 | 66 | 150 | — |
| | | | | 550 | 1000 | 610 | 810 | 18 | 58 | 70 | — |
| | | | | 550 | 10000 | 600 | 770 | 18 | 60 | 60 | — |
| | | | | 600 | 1000 | 660 | 800 | 16 | 62 | 95 | — |
| | | | | 600 | 3000 | 620 | 770 | 18 | 62 | 95 | — |
| | | | | 600 | 10000 | 560 | 750 | 20 | 60 | 75 | — |
| | Нормализация Отпуск | 1100 675, 5 ч | Воздух Воздух | Исходное состояние | | 750 | 890 | 16 | 60 | 60 | — |
| | | | | 550 | 10000 | 680 | 860 | 16 | 60 | 50 | — |
| | | | | 550 | 1000 | 760 | 890 | 15 | 60 | 45 | — |
| | | | | 600 | 1000 | 760 | 880 | 15 | 60 | 55 | — |
| | | | | 600 | 3000 | 700 | 810 | 15 | 60 | 60 | — |
| | | | | 600 | 10000 | 590 | 750 | 17 | 60 | 100 | — |

Технологические характеристики [1, 6]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–850 | До 300 | В штабелях на воздухе | До 300 | В штабелях на воздухе |
| Заготовка | 1200–850 | | | | |

Свариваемость

Ограниченно свариваемая.
Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ.
Необходимы предварительный и сопутствующий подогрев и последующая термообработка

Обработываемость резанием

В закаленном и отпущенном состоянии при 217 НВ и $\sigma_b = 730$ Н/мм²
 $K_r = 0,82$ (твердый сплав),
 $K_r = 0,5$ (быстрорежущая сталь)

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------------|---|-------------|------------------------------------|--|--|-------------------|-------------------------|-----------------|---------|--|
| 15X11МФБ (1X11МФБ) | | Поковки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Nb | Al | Cu | |
| 0,12–0,18 | ≤ 0,55 | 0,60–1,20 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 10,0–12,0 | 0,50–0,90 | 0,80–1,05 | 0,50–0,90 | 0,10–0,20 | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | 880–900 | С печью | — | 550–680 | 700 | 14 | $\frac{50^1}{45}$ | $\frac{59^1}{39}$ | — | 217–255 | |
| | Нормализация | 1130–1150 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 1140–1160 | Воздух | | | | | | | | | |
| ¹ Числитель – образцы продольные; знаменатель – образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Крупные кованые и сварно-кованые детали паровых турбин, работающие при температуре до 580°C. | | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаропрочная мартенситно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1230–900 | До 50 | В ящиках | | До 50 | В ящиках | | | | | | |
| Заготовка | 1230–900 | 51–700 | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | 51–700 | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | В нормализованном состоянии при 217–255 HB и $\sigma_B = 730$ Н/мм ² $K_v = 0,82$ (твердый сплав), $K_v = 0,5$ (быстрорежущая сталь) | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| | | | | | | | — | — | — | — | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|---|-------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|---------|---|---|
| 12Х11В2МФ (ЭИ 756) | | Трубная заготовка — ТУ 14-1-1529-93. Трубы — ТУ 14-3Р-55-2001. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-3Р-55-2001 | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Cu | | | |
| 0,09-0,14 | ≤ 0,50 | 0,50-0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 10,0-12,0 | ≤ 0,60 | 0,60-0,90 | 0,15-0,30 | 1,70-2,20 | ≤ 0,30 | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-1529-93 | Нормализация Отпуск | 1020-1050 750-780, ≥ 3 ч | Воздух Воздух | Ø 80-190 | 390 | 640-830 | 18 | — | — | — | — | | |
| ТУ 14-3Р-55-2001 | Нормализация | 1020-1050 | Воздух | Ø от 76 до 325 s от 4,5 до 32 ² Ø от 10 до 42 s от 2,0 до 12 ³ | 392 | 588 | 18 | — | — | — | 255 | | |
| | Отпуск | 750-780, ≥ 3 ч | Воздух | | 392 ¹ | 588 ¹ | 17 ¹ | 45 ¹ | 49 ¹ | — | — | | |
| ¹ Образцы поперечные. | | | | | | | | | | | | | |
| ² Горячедеформированные трубы. | | | | | | | | | | | | | |
| ³ Холоднодеформированные трубы. | | | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | | | | | |
| | | 1·10 ⁵ | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-3Р-55-2001 | 550 | 157 | | | | | | | | | | | |
| | 600 | 88 | | | | | | | | | | | |
| | 650 | 29 | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Трубы паропроводов и перегревателей, работающие при температуре до 600°C. | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаропрочная мартенситно-ферритного класса, обладает высокой коррозионной стойкостью. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Нормализация Отпуск | 1020-1050 720-730, 3 ч | Воздух Воздух | Трубная заготовка Ø 250 | 20 | Образцы продольные | | | | | | — | |
| | | | | | | в пределах | | | | | | | |
| | | | | | | 490-530 | 690-710 | 20-25 | 61-70 | 90-220 | — | | |
| | | | | | 565 | — | — | — | 210-250 | — | | | |
| | | | | | 585 | 304-343 | 320-380 | 21-30 | 79-80 | 140-320 | — | | |
| | | | | | 20 | Образцы поперечные | | | | | | — | |
| | | | | | | 500-550 | 690-740 | 17-28 | 48-63 | 56-105 | — | | |
| | | | | | | 100 | 470-490 | 640-660 | 21-23 | 61-65 | 95-125 | | — |
| | | | | | | 300 | 420-440 | 590-610 | 17-21 | 54-56 | 140-190 | | — |
| | | | | | | 400 | 412-430 | 550-570 | 16-18 | 54-56 | 140-160 | | — |
| | | | | | | 500 | 462-482 | 490-510 | 22-22 | 55-68 | 120-160 | | — |
| | | | | | | 565 | 265-375 | 290-430 | 22-26 | 55-85 | 100-170 | | — |
| | | | | | | 585 | 245-375 | 270-390 | 22-30 | 66-86 | 120-150 | | — |
| | | | | | | 600 | 215-315 | 240-370 | 26-30 | 71-89 | 100-160 | | — |
| 630 | 210-295 | 240-310 | 30-33 | 75-89 | | — | — | | | | | | |
| 650 | 177-255 | 200-360 | 29-35 | 81-90 | | 130-200 | — | | | | | | |
| 700 | 155-167 | 170-190 | 34-40 | 82-90 | — | — | | | | | | | |

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|----|------------------------|---------------------------|-------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| ДЦ | Нормализация Отпуск | 1020-1050 720-730, 3 ч | Воздух Воздух | 575 | 167 | 140 | 137 | 74 |
| | | | | 585 | 152 | 127 | — | — |
| | | | | 600 | 137 | 116 | 118 | 64 |
| | | | | 630 | 105 | 83 | 67 | 49 |

| 12X11B2MФ (ЭИ 756) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|---------------|-------------------------------|--|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|-------------------------|--|--|
| Механические свойства при различных температурах после длительного старения | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | | | не менее или в пределах | | |
| ДЦ | ПС | | | — | Образцы продольные | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 575 | — | 20 | 592 | 830 | 8 | 20 | 12–99 | — | | | |
| | | | | | 575 | — | 575 | 407 | 460 | 14 | 39 | 80–100 | — | | | |
| | | | | | 575 | 3000 | 20 | 575 | 835 | 15 | 30 | 7–17 | — | | | |
| | | | | | 575 | 3000 | 575 | 384 | 440 | 18 | 46 | 80 | — | | | |
| | | | | | 600 | 3000 | 20 | 570 | 825 | 11 | 21 | 10–17 | — | | | |
| | | | | | Образцы поперечные | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 575 | — | 20 | 530 | 760 | 19 | 49 | 18–44 | — | | | |
| | | | | | 575 | — | 575 | 319 | 395 | 23 | 67 | 118–158 | — | | | |
| | | | | | 575 | 3000 | 20 | 485 | 765 | 18 | 46 | 12–24 | — | | | |
| | | | | | 575 | 3000 | 575 | 373 | 470 | 19 | 50 | 130 | — | | | |
| | | | | | Релаксационная стойкость [ДЦ] | | | | | | | | | | | |
| t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время, ч | | | | НВ | | | | | | | | | | |
| | | 500 | 1000 | 5000 | 10000 | | | | | | | | | | | |
| 550 | 300 | 800 | 700 | 600 | 500 | — | | | | | | | | | | |
| Пределы текучести [4] | | | | Жаростойкость | | | | | | | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | Среда | t, °C | Скорость окисления, мм/год | Глубина окисления, мм за 100000 ч | | | | | | | | | | |
| 100000 | 250 | 372 | Назаровский бурый уголь | 570 | — | 0,37 | | | | | | | | | | |
| 100000 | 300 | 353 | | 600 | — | 0,51 | | | | | | | | | | |
| 100000 | 350 | 333 | | 620 | — | 0,63 | | | | | | | | | | |
| 100000 | 400 | 313 | | 630 | — | 0,69 | | | | | | | | | | |
| 100000 | 450 | 294 | | 650 | — | 0,83 | | | | | | | | | | |
| 100000 | 500 | 274 | Высокосернистый уголь | 570 | — | 0,28 | | | | | | | | | | |
| 100000 | 550 | 245 | | 600 | — | 0,44 | | | | | | | | | | |
| 100000 | 600 | 196 | | 620 | — | 0,57 | | | | | | | | | | |
| 100000 | 550 | 245 | 630 | — | 0,65 | | | | | | | | | | | |
| 100000 | 600 | 196 | 650 | — | 0,84 | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 7] | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | | | |
| Слиток | 1250–900 | До 250 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | До 250 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1250–900 | 215–400 | Отжиг низкотемпературный, два переохлаждения | | 215–400 | Отжиг низкотемпературный, два переохлаждения | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Необходимы предварительный и сопутствующий подогревы и последующая термообработка | | | | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 230 НВ и $\sigma_b = 740$ Н/мм ² $K_v = 1,4$ (твердый сплав), $K_v = 0,5$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
| 18X11МНФБ (2X11МФБН, ЭП 291) | | Сталь сортовая — ГОСТ 5949–75. Поковки и полосы — ГОСТ 18968–73. Прутки фасонные — ГОСТ 19442–74. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. Заготовки лопаток — ОСТ 108.020.03–82. | | | | | | | | | |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Nb | Al | Cu |
| 0,15–0,21 | ≤ 0,60 | 0,60–1,00 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 10,0–11,5 | 0,50–1,00 | 0,80–1,10 | 0,20–0,40 | 0,20–0,45 | — | ≤ 0,30 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Отжиг или отпуск | ПС | | До 200 | — | — | — | — | — | — | ≤ 255 |
| | Закалка | 1080–1130 | Воздух или масло | До 200 | 590–735 | 740 | 15 | 50 | 59 | — | — |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух | | | | | | | | |

В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают:

- с травленной поверхностью;
- с нормированной чистотой стали по волосовинам, выявленным потребителем на готовых деталях визуально;
- с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;
- с проверкой длительной прочности стали;
- с проверкой механических свойств при повышенных температурах;
- с нормированием содержания газов в стали;
- с контролем на излом;
- с механическими свойствами, повышенными или в более узких пределах по сравнению с указанными в таблице;
- с контролем на загрязненность стали неметаллическими включениями;
- с проверкой величины зерна.

Примечание.

Нормы при испытаниях по подпунктам в, г, д, е, ж, з, и, к устанавливаются по согласованию потребителя с изготовителем.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|--------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18968–73 | Закалка | 1080–1130 | Воздух или масло | До 60 | 590–735 | 740 | 15 | 50 | 59 | — | 229–269 |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух | От 61 до 100 | 590–735 | 740 | 14 | 45 | 58 | — | 229–269 |

Для прутков и полос в отожженном состоянии из стали число твердости должно быть не более 229 НВ.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | КП |
|---------------|----------------------|-----------|------------------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Отжиг | 700–750 | С печью до 300°C, далее на воздухе | До 200 | — | — | — | — | — | ≤ 229 | — |
| | Закалка | 1080–1100 | Масло | До 200 | Болты, шпильки, пробки и хомуты | | | | | | |
| | | | | | 667–784 | 784 | 15 | 45 | 59 | 241–285 | 665 |
| | Отпуск | 700–740 | Воздух | | Гайки | | | | | | |
| | | | | | — | — | — | — | — | 197–229 | — |

Примечания.

- Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
- Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
- Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.
- Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.
- Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше $10^4/\sigma_b$ (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

| 18X11MНФБ (2X11MФБН, ЭП 291) | | | | Механические свойства | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------|-------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|---------|
| Механические свойства прутков при испытаниях цилиндрических образцов | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 19442–74 | Закалка | 1080–1130 | Воздух или масло | До 60 | 588–735 | 735 | 15 | 50 | 59 | 229–255 | 590 |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | |
| 1. Нормы распространяются на прутки с наибольшей толщиной до 60 мм. При толщине прутков более 60 мм допускается понижение относительного удлинения (δ) на 1% и относительного сужения (ψ) на 5% по сравнению с указанными в таблице, а также ударной вязкости на 4,9 Дж/см ² при норме менее 78,4 Дж/см ² и на 9,8 Дж/см ² при норме 78,4 Дж/см ² и более. | | | | | | | | | | | |
| 2. Нормы на ударную вязкость распространяются только на фасонные прутки для лопаток с наибольшей толщиной профиля 12 мм и более. | | | | | | | | | | | |
| 3. Нормы на твердость распространяются на все фасонные прутки для лопаток и на прутки для связи лопаток и на прутки для связи лопаток с наибольшей шириной (диаметром) более 10 мм. | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при испытании фасонных прутков для лопаток и прутков для связи лопаток | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 19442–74 | Закалка | 1080–1130 | Воздух или масло | До 60 | — | 735–931 | 15 | — | — | 229–255 | 590 |
| | Отпуск | 660–670 | Воздух | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | |
| 1. Для прутков толщиной более 60 мм допускается снижение относительного удлинения на 1%. | | | | | | | | | | | |
| 2. При испытаниях образцов с расчетной длиной 100 мм и прутков с $\ell_0 = 11,3 \cdot \sqrt{F_0}$ (где F_0 — фактическое сечение профиля) допускается понижение относительного удлинения при норме 16% и более на 4%, при норме 13–15% на 2%. | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.020.03–82 | Закалка | 1090 | Масло | Замок до 60 | 568 | 755 | 14 | 50 | 59 | — | 229–269 |
| | Отпуск | 740 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1100 | Масло | Замок до 60 | 617 | 764 | 14 | 45 | 49 | — | 235–277 |
| | Отпуск | 730 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1090 | Масло | Замок свыше 60 | 568 | 755 | 13 | 45 | 59 | — | 229–269 |
| | Отпуск | 740 | Воздух | | | | | | | | |
| Закалка | 1100 | Масло | Замок свыше 60 | 617 | 764 | 13 | 40 | 49 | — | 235–277 | |
| Отпуск | 730 | Воздух | | | | | | | | | |
| Назначение. Крепеж, турбинные лопатки, диски, цельнокованные роторы, детали клапанов, работающие при температуре до 580°C. | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаропрочная мартенситно-ферритного класса, обладает высокой деформационной способностью и коррозионной стойкостью. | | | | | | | | | | | |
| Сталь может выплавляться с применением ЭШП и ВДП. | | | | | | | | | | | |

| 18Х11МНФБ (2Х11МФБН, ЭП 291) | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------|--|--|--------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|---------|-------------------------|
| Механические свойства в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах |
| [1, 5] | Нормализация | 1100–1140 | Воздух | Продольные образцы | 20 | 559 | 745 | 16–29 | 61–66 | 110–190 | 223–229 | |
| | Отпуск | 750, 10 ч | Воздух | | 400 | 520 | 608 | 18 | 74 | — | — | |
| | | | | | 500 | 461 | 490 | 20 | 81 | — | — | |
| | | | | | 550 | 422 | 431 | 17 | 85 | — | — | |
| | | | | 600 | 353 | 372 | 19 | 87 | — | — | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | 1/10 ⁵ | | | | | | |
| [5] | ПС | | | 535 | 200 | 140 | | | | | | |
| | | | | 550 | 170 | 120 | | | | | | |
| | | | | 600 | 80 | 70 | | | | | | |
| Механические свойства стали при 20°С после старения | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | t, °С | τ , ч | | | | | | | не менее |
| [5] | Нормализация | 1040 | Воздух | 700 | 2 | Образцы продольные | | | | | 293 | |
| | | | | | 5 | 810 | 1000 | 14 | 55 | 650 | 286 | |
| | | | | | 10 | 770 | 950 | 15 | 55 | 850 | 255 | |
| | | | | | 700 | 710 | 880 | 14 | 55 | 850 | 241 | |
| | Нормализация | 1100–1400 | Воздух | 725 | 2 | 580 | 800 | 12 | 60 | 500 | 241 | |
| | | | | | 5 | 725 | 680 | 870 | 12 | 57 | 1000 | 255 |
| | | | | | 10 | 725 | 650 | 840 | 14 | 60 | 1100 | 248 |
| | | | | | 725 | 725 | 600 | 810 | 16 | 60 | 1300 | 241 |
| | | | | | 2 | 750 | 660 | 860 | 12 | 57 | 1300 | 255 |
| | | | | | 5 | 750 | 570 | 770 | 16 | 60 | 1600 | 235 |
| 750 | 750 | 520 | 730 | 16 | 61 | 1100 | 228 | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 6] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1200–800 | До 180 | В колодце | | До 180 | | В колодце | | | | | |
| Заготовка | 1180–800 | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 269 НВ и $\sigma_b = 770$ Н/мм ² $K_v = 0,95$ (твердый сплав), $K_v = 0,45$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | | |

| | |
|---|--|
| Марка стали | Вид поставки |
| 13X11H2B2MФ (ЭИ 961), 13X11H2B2MФ-III (ЭИ 961-III) | Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949-75. Крепежные детали — ГОСТ 20700-75. Покровки — ТУ 14-1-1089-74, ТУ 14-1-2918-80. Заготовки лопаток — ОСТ 108.020.03-82, ОСТ 108.020.123-78, ТУ 14-1-51-73. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Al | Cu |
| 0,10-0,16 | ≤ 0,60 | ≤ 0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 10,5-12,0 | 1,50-1,80 | 0,35-0,50 | 0,18-0,30 | 1,60-2,00 | — | ≤ 0,30 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|--------------------------------|----------------------|----------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949-75 | Отжиг или отпуск | ПС | | До 200 | — | — | — | — | — | — | ≤ 269 |
| | Закалка Отпуск (Вариант I) | 1000-1020 660-710 | Воздух или масло Воздух | До 200 | 735 | 880 | 15 | 55 | 88 | — | — |
| | Закалка Отпуск (Вариант II) | 1000-1020 540-590 | Масло или воздух Воздух | До 200 | 930 | 1080 | 13 | 55 | 88 | — | — |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | КП |
|---------------|--------------------------------------|-------|-------------------|-------------|---|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700-75 | Режим термообработки по ГОСТ 5949-75 | | | — | Болты, шпильки, пробки, хомуты и гайки По ГОСТ 5949-75 | | | | | | |

Пределы длительной прочности

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|----------------|---|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ |
| ГОСТ 20700-75 | ПС | | | 500 580-600 | 350 325 | 150 105 |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-2918-80 | Закалка | 1000-1020 | Масло | — | 735 | 880 | 15 | 55 | 88 | — | 321-269 |
| | Отпуск | 660-710 | Воздух | | | | 10 ¹ | 50 ¹ | 59 ¹ | | |
| | Закалка Отпуск | 1000-1020 540-590 | Масло Воздух | | | | 13 | 45 | 88 | | |

¹ Поперек волокна.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|--------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|---------|-------------|---------|-----|----|----|----|---|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.020.03-82 | Закалка | 1000 | Масло | Замок до 60 | 666-813 | 833 | 15 | 50 | 59 | — | 248-302 | | | | | | | | |
| | Отпуск | 700 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1000 | Масло | | | | | | | | | Замок до 60 | 705-852 | 862 | 15 | 50 | 59 | — | 248-302 |
| | Отпуск | 680 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1000 | Масло | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | 700 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Закалка | 1000 | Масло | Замок свыше 60 | 705-852 | 862 | 14 | 45 | 59 | — | 248-302 | | | | | | | | | |
| Отпуск | 680 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Назначение. Болты, шпильки, пробки и хомуты с предельной температурой среды до 510°C и условным давлением P_y, Н/мм² — не ограниченном; гайки с предельной температурой среды до 540°C и условным давлением P_y, Н/мм² — не ограниченном. Диски компрессоров, лопатки и другие нагруженные детали, работающие при температуре 600°C, штамповки для машины ГТК-25. Сталь жаропрочная мартенситного класса.

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
|-----|-----------------------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | | | | ∅ 6 | 900 | 105 | 135 | 64 | 87 | — | — |
| | Скорость деформирования 16 мм/мин | | | длина 30 | 1000 | 39 | 71 | 58 | 81 | — | — |
| | Скорость деформации 0,009 1/с | | | прокатанный | 1100 | 28 | 41 | 61 | 95 | — | — |
| | | | | | 1200 | 22 | 27 | 55 | 87 | — | — |

13X11H2B2MФ (ЭИ 961), 13X11H2B2MФ-Ш (ЭИ 961-Ш)

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------|----------------------|---------|-----------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [3] | Закалка | 1000 | Масло | Прутки | 750 | 900 | 15 | 55 | 100 | — | — |
| | Отпуск | 620–680 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1000 | Масло или воздух | Прутки | 1000 | 1200 | 12 | 50 | 70 | — | — |
| | Отпуск | 550–600 | Воздух | | | | | | | | |
| Закалка | 1000 | Масло | Заготовка для поковок | 850 | 950 | 10 | 50 | 60 | — | — | |
| Отпуск | 580–670 | Воздух | | | | | | | | | |

Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
|--------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| [4, 6] | Закалка | 1000 | Масло | Образцы | не менее | | | | | |
| | Отпуск | 200 | Воздух | | 1330 | 1520 | 12 | 55 | 61 | 432 |
| | | 300 | Воздух | | 1330 | 1470 | 13 | 59 | 60 | 420 |
| | | 400 | Воздух | | 1340 | 1490 | 13 | 54 | 61 | 432 |
| | | 450 | Воздух | | 1380 | 1500 | 15 | 56 | 54 | 420 |
| | | 475 | Воздух | | 1430 | 1530 | 13 | 54 | 37 | 440 |
| | | 500 | Воздух | | 1190 | 1330 | 13 | 60 | 71 | 390 |
| | | 550 | Воздух | | 1090 | 1240 | 15 | 61 | 88 | 337 |
| | | 600 | Воздух | | 910 | 1090 | 15 | 61 | 105 | 308 |
| | | 650 | Воздух | | 750 | 900 | 16 | 63 | 108 | 268 |
| | | 700 | Воздух | | 720 | 880 | 17 | 64 | 120 | 250 |

Пределы длительной прочности, ползучести и выносливости

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | Выносливость, Н/мм ² | | |
|-----|----------------------|---------|-------------------|-------|---|--|---------------------------------|-------------|-----------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | σ_{-1} | τ_{-1} | N |
| [3] | Закалка | 1000 | Масло | 20 | — | — | 510 | — | 10 ⁷ |
| | Отпуск | 560–580 | Воздух | 400 | 850 | — | — | — | |
| | | | | 450 | 730 | 580 | 500 | — | 10 ⁷ |
| | | | | 500 | 630 | 300 | 460 | — | 10 ⁷ |
| | | | | 550 | 440 | 200 | 430 | — | 10 ⁷ |
| | | | | 600 | 270 | 150 | 300 | — | 10 ⁷ |
| | | | | 625 | 250 | — | — | — | — |

Пределы длительной прочности

Ударная вязкость, KCU, Дж/см², при t, °C [1]

| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Термообработка | | | | | |
|-----|-------|---|-------------------|----------------|------|------|------|------|---|
| | | 1·10 ² | 1·10 ⁴ | + 20 | - 20 | - 40 | - 60 | - 70 | |
| [1] | 500 | 568 | — | — | — | — | — | 13 | Прутки. Закалка 1000°C, масло; отпуск 580°C, воздух. $\sigma_{0,2} = 1040$ Н/мм ² ; $\sigma_b = 1200$ Н/мм ² ; $\delta = 17\%$; $\psi = 67\%$ |
| | 550 | 441 | 392 | | | | | | |
| | 600 | 294 | — | | | | | | |

Технологические характеристики [1, 6]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------|--|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1250–850 | До 400 | Отжиг низкотемпературный, два переохлаждения | До 400 | Отжиг низкотемпературный, два переохлаждения |
| Заготовка | 1250–850 | | | | |

Свариваемость

Обработываемость резанием

Флокеночувствительность

| | | |
|--|--|----------------------------------|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ | В состоянии после отпуска при 380 HB и $\sigma_b = 850$ Н/мм ² $K_v = 0,8$ (твердый сплав), $K_v = 0,3$ (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | — |

| | | | | | | | | |
|--------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|
| Марка стали | Вид поставки | | | | | | | |
| 03X11H10M2T | Штамповки, поковки и прутки. Сортовой и фасонный прокат. Лента, проволока, тонкий и толстый лист — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | |

| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti |
| ≤ 0,03 | ≤ 0,10 | ≤ 0,10 | ≤ 0,010 | ≤ 0,010 | 10,0–11,3 | 9,00–10,0 | 1,80–2,30 | 1,00–1,40 |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|----------------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Закалка | 820–840 | Воздух | Образцы | 1400 | 1500 | 10 | 50 | 50 ¹ | — | — |
| | Старение | 480–520, 2–4 ч | Воздух | | 1700 | 1750 | 12 | 50 | 37 | — | — |

¹ Свойства для стали с Ti — 0,6%.

Назначение. Корпусы ракет на твердом топливе, сварные корпуса двигателей, различные детали ракет и космических кораблей, сварные резервуары высокого давления, зубчатые передачи двигателей самолетов и вертолетов, крепежные болты, детали катапульта и др.

Сталь мартенситно-стабилизирующая.

| Механические свойства стали после длительного старения | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|----------------|------------|---------------------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | Режим старения (дополнительный) | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | t, °C | τ , ч | | | | | | |
| [30] | ПС | | | 500 | 3 | Без старения | | 148 | 156 | 11 | 56 | 50 | 430 |
| | | | | | | 150 | 1000 | 150 | 158 | 9 | 57 | 38 | 440 |
| | | | | | | 150 | 10000 | 143 | 156 | 10 | 66 | 41 | 430 |
| | | | | | | 200 | 1000 | 150 | 161 | 9 | 56 | 41 | 440 |
| | | | | | | 200 | 10000 | 150 | 161 | 2 | 57 | 44 | 440 |
| | | | | | | 300 | 1000 | 162 | 166 | 8 | 52 | 14 | 470 |
| | | | | | | 300 | 10000 | 166 | 172 | 9 | 44 | 12 | 480 |
| | | | | | | 350 | 1000 | 160 | 164 | 8 | 53 | 9 | 460 |
| | | | | | | 350 | 10000 | 165 | 178 | 9 | 39 | 9 | 480 |
| | | | | | | 400 | 1000 | 158 | 168 | 10 | 50 | 9 | 440 |
| | | | | | | 400 | 10000 | 168 | 179 | 9 | 42 | 9 | 470 |
| | | | | | | 450 | 1000 | 146 | 160 | 11 | 62 | 9 | 445 |
| | | | | | | 450 | 10000 | 127 | 146 | 13 | 52 | 31 | 445 |
| | | | | | | 500 | 1000 | 112 | 132 | 16 | 64 | 50 | 280 |
| | | | | | | 500 | 10000 | 90 | 110 | 16 | 56 | 70 | 320 |
| | | | | | | 500 | 1000 | 94 | 115 | 18 | 64 | 80 | 340 |
| 500 | 10000 | 69 | 98 | 18 | 59 | 100 | 300 | | | | | | |

| 03X11H10M2T | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------------------|-------|-------------------|----------------|------------|---------------------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | Режим старения (дополнительный) | | $\sigma_{0.2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| | | | | t, °C | τ , ч | t, °C | τ , ч | не менее | | | | | |
| [30] | ПС | | | 550 | 3 | Без старения | | 124 | 136 | 15 | 64 | 100 | 380 |
| | | | | 550 | 3 | 150 | 1000 | 126 | 135 | 13 | 65 | 120 | 380 |
| | | | | 550 | 3 | 150 | 10000 | 126 | 136 | 14 | 65 | 120 | 370 |
| | | | | 550 | 3 | 200 | 1000 | 126 | 136 | 12 | 64 | 110 | 380 |
| | | | | 550 | 3 | 200 | 10000 | 125 | 137 | 11 | 64 | 70 | 380 |
| | | | | 550 | 3 | 300 | 1000 | 128 | 138 | 12 | 65 | 100 | 400 |
| | | | | 550 | 3 | 300 | 10000 | 136 | 140 | 10 | 67 | 18 | 430 |
| | | | | 550 | 3 | 350 | 1000 | 137 | 144 | 13 | 62 | 20 | 430 |
| | | | | 550 | 3 | 350 | 10000 | 137 | 148 | 10 | 58 | 14 | 430 |
| | | | | 550 | 3 | 400 | 1000 | 137 | 145 | 11 | 62 | 9 | 440 |
| | | | | 550 | 3 | 400 | 10000 | 145 | 149 | 10 | 57 | 19 | 440 |
| | | | | 550 | 3 | 450 | 1000 | 148 | 153 | 11 | 70 | 20 | 460 |
| | | | | 550 | 3 | 450 | 10000 | 106 | 126 | 19 | 62 | 55 | 360 |
| | | | | 550 | 3 | 500 | 1000 | 110 | 130 | 16 | 58 | 50 | 380 |
| | | | | 550 | 3 | 500 | 10000 | 85 | 110 | 19 | 56 | 80 | 320 |
| | | | | 550 | 3 | 550 | 1000 | 83 | 108 | 19 | 67 | 110 | 320 |
| | | | | 550 | 3 | 550 | 10000 | 76 | 103 | 19 | 55 | 100 | 300 |
| | | | | 600 | 3 | Без старения | | 85 | 111 | 20 | 68 | 180 | 330 |
| | | | | 600 | 3 | 150 | 1000 | 85 | 111 | 21 | 69 | 200 | 330 |
| | | | | 600 | 3 | 150 | 10000 | 85 | 110 | 22 | 70 | 190 | 330 |
| | | | | 600 | 3 | 200 | 1000 | 85 | 108 | 20 | 70 | 180 | 330 |
| | | | | 600 | 3 | 200 | 10000 | 87 | 110 | 21 | 67 | 210 | 335 |
| | | | | 600 | 3 | 300 | 1000 | 90 | 113 | 19 | 69 | 220 | 335 |
| | | | | 600 | 3 | 300 | 10000 | 112 | 127 | 15 | 68 | 130 | 350 |
| | | | | 600 | 3 | 350 | 1000 | 97 | 115 | 20 | 68 | 180 | 350 |
| | | | | 600 | 3 | 350 | 10000 | 113 | 127 | 15 | 60 | 130 | 360 |
| | | | | 600 | 3 | 400 | 1000 | 98 | 115 | 20 | 70 | 140 | 350 |
| | | | | 600 | 3 | 400 | 10000 | 118 | 123 | 20 | 64 | 60 | 360 |
| | | | | 600 | 3 | 450 | 1000 | 107 | 120 | 18 | 65 | 110 | 350 |
| | | | | 600 | 3 | 450 | 10000 | 95 | 112 | 17 | 63 | 43 | 350 |
| | | | | 600 | 3 | 500 | 1000 | 106 | 126 | 18 | 56 | 60 | 370 |
| | | | | 600 | 3 | 500 | 10000 | 84 | 110 | 19 | 60 | 70 | 320 |
| | | | | 600 | 3 | 550 | 1000 | 75 | 103 | 20 | 60 | 130 | 300 |
| | | | | 600 | 3 | 550 | 10000 | 72 | 100 | 21 | 57 | 120 | 300 |

Состав стали: 0,014% С; 10,3% Cr; 9,7% Ni; 2,1% Mo; 0,64% Ti.

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180-1200 – 850 | — | Воздух | — | — |
| Заготовка | 1180-850 | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | |
| Хорошо сваривается в тонких и массивных сечениях | | | Легко обрабатывается и штампуется в горячем и холодном состояниях | | |

| | |
|---------------------------------|--|
| Марка стали | Вид поставки |
| 10X11H20T3P (ЭИ 696) | Сортовой и калиброванный прокат — ГОСТ 5949–75, ТУ 108.11.853–87. Крепежные детали — ГОСТ 23304–78. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|----|-----------|--------|-------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Al | B |
| ≤ 0,10 | ≤ 1,00 | ≤ 1,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 10,0–12,5 | 18,0–21,0 | — | 2,60–3,20 | ≤ 0,80 | 0,008–0,020 |

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | $\sigma_{дл.}^?$, Н/мм ² |
|--------------|----------------------|------------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--------------------------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1100–1170, 2–5 ч | Воздух или масло | Пруток | 20 | 590 | 880 | 10 | 15 | 29 | — |
| | Старение | 700–750, 15–25 ч | Воздух | | До 60 | 700 | — | — | — | — | — |

¹ σ_{100} — предел длительной прочности за 100 ч.

В соответствии с заказом потребителя сталь изготовляют:

- а) с травленной поверхностью;
- б) с нормированной чистотой стали по волосовинам, выявленным потребителем на готовых деталях визуально;
- в) с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;
- г) с проверкой длительной прочности стали;
- д) с проверкой механических свойств при повышенных температурах;
- е) с нормированием содержания газов в стали;
- ж) с контролем на излом;
- з) с механическими свойствами, повышенными или в более узких пределах по сравнению с указанными в таблице;
- и) с контролем на загрязненность стали неметаллическими включениями;
- к) с проверкой величины зерна.

Примечание.

Нормы при испытаниях по подпунктам в, г, д, е, ж, з, и, к устанавливаются по согласованию потребителя с изготовителем.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|---------------------|-------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|---------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23304–78 | Аустени- тизация | 1100–1150 | Вода или воздух | Не ограни- чивается | 20 | Болты и шпильки | | | | | | 255–321 | 490 |
| | | | | | | 490 | 833 | 15 | 20 | 59 | | | |
| | Старение | 700–750 | Воздух | | 350 | 441 | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | | |
| | Закалка | 1100–1150 | Вода или воздух | | 20 | 490 | 833 | 15 | 20 | 59 | 255–321 | 490 | |
| | | | | | | 350 | 441 | — | — | — | — | — | |
| | Старение | 700–750 | Воздух | | 350 | Выпуклые и вогнутые сферические шайбы | | | | | | | |
| | | | | | | 490 | 833 | 15 | 20 | 59 | 255–321 | 490 | |
| | Аустени- тизация | 1100–1150 | Вода или воздух | | 20 | 490 | 833 | 15 | 20 | 59 | 255–321 | 490 | |
| | | | | | | 350 | 441 | — | — | — | — | — | |

Примечания.

1. Допускается изготавливать сферические шайбы по ГОСТ 18968–73.
2. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для $\sigma_{0,2}$, σ_B , δ , ψ , КСВ соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%.
3. Режимы отпуска и старения являются рекомендуемыми и могут назначаться по согласованию с головной материаловедческой организацией. Режимы закалки, нормализации и аустенизации могут уточняться по согласованию с головной материаловедческой организацией.
4. На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футорки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.
5. Для крепежных деталей групп качества 0, 0a и 1 производить дополнительно определение ударной вязкости КСВ на образцах типа 11 по ГОСТ 9454–78.
6. В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин. Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более.
- Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3a контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.
7. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 490; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 490; для сферических шайб выпуклых — с КП 490; для сферических шайб вогнутых — с КП 490.

10X11H20T3P (ЭИ 696)

Назначение. Крепеж, несвариваемые детали корпуса турбин, диски, направляющие и рабочие лопатки компрессоров, рабочие лопатки газовых турбин, детали турбин, пружины, работающие ограниченное время при температуре до 700°C, а также криогенная арматура, работающая при температуре до минус 253°C.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь аустенитного класса с интерметаллидным упрочнением.

Сталь выплавляется в открытых дуговых или индукционных электропечах.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----|----------------------|------------------|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Закалка | 1100 | Воздух | Листы холоднокатаные | — | 600 | 40 | — | — | — | — |
| | Закалка | 1080 | Воздух | Лента холоднокатаные | — | 500 | — | — | — | — | — |
| | Закалка Старение | 1100–1150 750 | Воздух Воздух | Прутки | 600 | 900 | 10 | 15 | 80 | — | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
|------|------------------------------------|-----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [16] | Горячекатаные (состояние поставки) | | | Крепежные детали | 550 | 760 | 31 | 64 | 180 | — | 244 | |
| | Старение | 750, 16 ч | Воздух | | 1010 | 1170 | 17 | 50 | 71 | — | 354 | |
| | Старение | 750, 16 ч | | | 1010 | 1260 | 23 | 47 | 60 | — | 383 | |
| | Старение | 650, 16 ч | | | 710 | 1080 | 29 | 44 | 114 | — | 282 | |
| | Закалка | 1100, 2 ч | Воздух | | 830 | 1190 | 24 | 32 | 100 | — | — | 393 |
| | Старение | 750, 16 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | Старение | 650, 16 ч | Воздух | | | | | | | | | |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-----------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Без термообработки | | | Заготовка 90×90 | 20 | — | — | — | — | 355 | — |
| | | | | | 800 | — | — | — | — | 164 | — |
| | | | | | 900 | — | — | — | — | 231 | — |
| | | | | | 1000 | — | — | — | — | 208 | — |
| | | | | | 1100 | — | — | — | — | 195 | — |
| | | | | | 1160 | — | — | — | — | 187 | — |
| | | | | | 1200 | — | — | — | — | 106 | — |
| | Нормализация | | | Заготовка 90×90 | 20 | — | — | — | — | 376 | — |
| | | | | | 800 | — | — | — | — | 169 | — |
| | | | | | 900 | — | — | — | — | 228 | — |
| | | | | | 1000 | — | — | — | — | 218 | — |
| | | | | | 1100 | — | — | — | — | 125 | — |
| | | | | | 1160 | — | — | — | — | 40 | — |
| | | | | | 1200 | — | — | — | — | 15 | — |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [16] | Закалка Старение | | | Прутки | 20 | Образцы продольные | | | | | — | |
| | | | | | | 600 | 1000 | 25 | 30 | 80 | | |
| | | | | | | 400 | 600 | 950 | 23 | 30 | | — |
| | | | | | | 500 | 570 | 850 | 23 | 30 | | — |
| | | | | | | 600 | 530 | 800 | 22 | 30 | | — |
| | | | | | | 650 | — | 750 | 15 | 20 | | — |
| | | | | | | 700 | 470 | 680 | 15 | 18 | | — |
| | | | | | | 750 | 450 | 560 | 15 | 20 | | — |
| | | | | | | 800 | 250 | 360 | 25 | 45 | | — |

| 10X11H20T3P (ЭИ 696) | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|-------------------|-------------------------|----|
| Механические свойства при различных температурах испытания | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Закалка | 1160, 2 ч | Воздух | Пруток ø 14–16 | 20 | 570 | 1010 | 31 | 43 | 130 | — |
| | Старение | 700, 3 ч | Воздух | | –196 | 770 | 1390 | 28 | 26 | 100 | — |
| | | | | | –253 | 880 | 1440 | 10 | 10 | 90 | — |
| | Закалка | 1050, 1 ч | Воздух | Пруток ø 14–16 | 20 | 700 | 1200 | 34 | 57 | 72 | — |
| | Старение | 700, 3 ч | Воздух | | –196 | — | 1850 ¹ | 32 | 22,5 ¹ | — | — |
| | | | | | –253 | 850 | 1700 | 21 | 18 | 65 | — |
| | Ковка | 700, 3 ч | Воздух | Пруток ø 14–16 | 20 | 790 | 1080 | 24 | 51 | 200 | — |
| | Старение | | | | –196 | 860 | 1410 | 39 | 25 | 160 | — |
| | | –253 | 1060 | | 1550 | 14 | 13 | 140 | — | | |
| | Закалка | 950, 1 ч | Воздух | Пруток ø 16 | 20 | 600 | 1120 | 31 | 62 | — | — |
| | Старение | 700, 3 ч | Воздух | | –196 | 820 | 1600 | 64 | 62 | — | — |
| | | | | | –253 | — | — | — | — | 160 | — |
| Закалка | 1000, 1 ч | Воздух | Пруток ø 16 | –196 | 820 | 1600 | 62 | 50 | — | — | |
| Старение | 700, 3 ч | Воздух | | –253 | — | — | — | — | 160 | — | |
| Закалка | 1050, 1 ч | Воздух | Пруток ø 16 | 20 | 500 | 1050 | 36 | 50 | — | — | |
| Старение | 700, 3 ч | Воздух | | –196 | 810 | 1580 | 59 | 37 | — | — | |
| | | | | –253 | 870 | 1610 | 25 | — | 160 | — | |
| Закалка | 1100, 1 ч | Воздух | Пруток ø 16 | –196 | 720 | 1300 | 40 | 30 | — | — | |
| Старение | 700, 3 ч | Воздух | | –253 | 800 | 1400 | 20 | — | — | — | |
| Закалка | 1150, 1 ч | Воздух | Пруток ø 16 | 20 | 370 | 830 | 38 | 43 | — | — | |
| Старение | 700, 3 ч | Воздух | | –196 | 610 | 1220 | 32 | 27 | — | — | |
| | | | | –253 | 780 | 1320 | 18 | — | 120 | — | |
| Закалка | 1100–1130, 1 ч 700–750, 3 ч | Воздух Воздух | Пруток ø 16 | 20 | 600 | 1000 | 25 | 30 | 800 | — | |
| Старение | | | | 400 | 600 | 950 | 23 | 30 | — | — | |
| | | | | 500 | 570 | 850 | 23 | 30 | — | — | |
| | | | | 600 | 530 | 800 | 22 | 30 | — | — | |
| | | | | 650 | — | 750 | 15 | 20 | — | — | |
| | | | | 700 | 470 | 680 | 15 | 18 | — | — | |
| | | | | 750 | 450 | 560 | 15 | 20 | — | — | |
| | | | | 800 | 250 | 360 | 25 | 45 | — | — | |

¹ Образцы с надрезом.

| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|-----------|-------------------|--|-----------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|---------|-------------------------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [16] | Закалка | 980, 2 ч | Вода | Прутки шести- гранные для крепёжных деталей | 20 | 650–800 | 800–950 | 20–26 | 55–65 | 150–200 | 240–250 |
| | Холодная протяжка с обжатием | 10–20% | Вода | | 20 | 850–900 | 900–1150 | 20–25 | 45–55 | 100–120 | 310–330 |
| | Старение | 750, 16 ч | Воздух | | –196 | 1180 | 1600 | 43 | 29 | 80 | — |
| | Закалка | 980, 2 ч | Вода | | 20 | 1150–1300 | 900–1010 | 20–25 | 45–52 | 800–900 | 350–370 |
| | Холодная протяжка с обжатием | 10–20% | Воздух | | –196 | 1590 | 1310 | 14 | 11,5 | 32 | — |
| | Старение | 750, 16 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Старение | 650, 16 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 980, 2 ч | Вода | | 20 | 680–750 | 1150–1250 | 25–30 | 56–60 | 130–150 | 300–320 |
| | Холодная протяжка с обжатием | 10–20% | Воздух | | –196 | 1180 | 1820 | 32 | 25 | 72 | — |
| | Старение | 850, 2 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Старение | 700, 16 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 980, 2 ч | Вода | | 20 | 900–950 | 1200–1280 | 22–25 | 50–55 | 90–105 | 320–330 |
| Холодная протяжка с обжатием | 10–20% | Воздух | –196 | 1090 | 1790 | 35 | 25 | 93 | — | | |
| Старение | 750, 16 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| Старение | 650, 16 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| Старение | 830, 3 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| Старение | 700, 16 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| Закалка | 980, 2 ч | Вода | 20 | 680–750 | 1000–1100 | 23–26 | 28–35 | 100–120 | 260–290 | | |
| Холодная протяжка с обжатием | 10–20% | Воздух | –196 | 880 | 1240 | 19 | 19 | 93 | — | | |
| Закалка | 1100, 2 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| Старение | 750, 16 ч | Воздух | | | | | | | | | |

10X11H20T3P (ЭИ 696)

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | |
|-------------------|----------------------|------------------|---------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|---|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| [16] | Закалка | 1100–1130, 2–5 ч | Воздух | Прутки | 20 | 600– | 950– | 20– | 25– | 80–120 | 255–302 | | | |
| | | | | | | 700 | 1100 | 30 | 40 | | | | | |
| | Старение | 700–750, 16 ч | Воздух ¹ | Прутки | 400 | 550– | 950– | 18– | 25– | — | — | | | |
| | | | | | | 650 | 970 | 28 | 40 | | | | | |
| | | | | | | 500 | 550– | 800– | 15– | | | 25– | — | — |
| | | | | | | | 600 | 870 | 28 | | | 35 | | |
| | | | | | | 550 | — | 800– | 18– | | | 25– | — | — |
| | | | | | | | 850 | 25 | 35 | | | | | |
| | | | | | | 600 | 530– | 750– | 15– | | | 20– | — | — |
| | | | | | | | 550 | 850 | 25 | | | 35 | | |
| | | | | | | 650 | — | 680– | 12– | | | 18– | — | — |
| | | | | | | | 800 | 20 | 30 | | | | | |
| | | | | | | 700 | 470 | 630– | 12– | | | 16– | — | — |
| | | | | | | | 700 | 700 | 20 | | | 26 | | |
| | 750 | 450 | 500– | 12– | 20– | — | — | | | | | | | |
| | | 650 | 650 | 20 | 40 | | | | | | | | | |
| | 800 | 250 | 340– | 20– | 45– | — | — | | | | | | | |
| | | 380 | 30 | 70 | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1170–1180, 2–4 ч | Воздух | Прутки | 20 | 650– | 950– | 13– | 15– | 40–90 | 255–302 | | | |
| | | | | | | 750 | 1050 | 20 | 25 | | | | | |
| | | | | | | 400 | 700 | 980 | 15 | | | 20 | — | — |
| | | | | | | | 500 | 690 | 970 | | | 14 | | |
| | | | | | | 600 | 670 | 900 | 15 | | | 20 | — | — |
| | | | | | | | 650 | 670 | 830 | | | 10 | | |
| 700 | | | | | | 620 | 750 | 8 | 13 | | | — | — | |
| | 750 | 470 | 580 | 7 | 15 | | | | | | | | | |
| Нагрев | 1120±10, 0,5–1,0 ч | Воздух | Прутки | 20 | 800– | 1050– | 15– | 30– | 40–80 | 255–388 | | | | |
| | | | | | 1150 | 1300 | 25 | 50 | | | | | | |
| Деформация 20–30% | 750, 16–25 ч | Масло или воздух | Прутки | 20 | 800– | 1050– | 15– | 30– | 40–80 | 255–388 | | | | |
| | | | | | 1150 | 1300 | 25 | 50 | | | | | | |
| Старение | 750, 16–25 ч | Масло или воздух | Прутки | 20 | 800– | 1050– | 15– | 30– | 40–80 | 255–388 | | | | |
| | | | | | 1150 | 1300 | 25 | 50 | | | | | | |

¹ Свойства при высоких температурах приведены после старения при 700°C.

Для повышения прочностных характеристик старение лучше проводить при 750°C.

Механические свойства при низких температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ |
|------|----------------------|----------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [16] | Закалка | 1100–1170, 2 ч | Воздух или масло | Прутки | –70 | 700 | 1130 | 18 | 20 | 70 | — |
| | | | | | | Старение | 750, 16 ч | Воздух | –196 | 800– | 1200– |
| | | | | | | | | | | | |

| НД | Предел выносливости, Н/мм ² | | | | Вид полуфабриката | Вязкость разрушения, Н/мм ² ·м ^{1/2} , при t, °C [1] | | | | Термообработка |
|--------|--|---------------|-------------|-----------------|--|--|---|------|------|---|
| | t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | +20 | 0 | –196 | –253 | |
| [1, 3] | 500 | 370 | — | 10 ⁷ | Прутки. | 62,4 | — | 63,0 | — | Закалка с 1150°C, 2 ч + старение при 780°C, 16 ч + старение при 650°C, 16 ч, воздух |
| | 600 | 340 | — | 10 ⁷ | | | | | | |
| | 700 | 280 | — | 10 ⁷ | | | | | | |
| [16] | 700 | 270 | — | 10 ⁷ | Поковки. Закалка 1180°C, 2 ч, воздух; старение 750°C, 16 ч, воздух | 62,4 | — | 63,0 | — | Закалка с 1150°C, 2 ч + старение при 780°C, 16 ч + старение при 650°C, 16 ч, воздух |
| | 750 | 280 | — | 10 ⁷ | | | | | | |
| | 700 | 250 | — | 10 ⁷ | | | | | | |

| 10X11H20T3P (ЭИ 696) | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|--|----------------------|-------|---|-------------------------------------|--|------------------|-----|------|-----|--|--|
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 1·10 ² | | 1/10 ² | | | | | | |
| | | | | | | Гладкий | С надрезом R _n = 0,50 мм | Остаточная деформация | Общая деформация | | | | | |
| [16] | Закалка | 1100–1150, 2 ч | Воздух | Прутки | 500 | 730 | — | — | — | | | | | |
| | Старение | 700–750, 16 ч | Воздух ¹ | | 550 | 650 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 600 | 590 | — | — | | | | | | |
| | | | | | 650 | 480 | — | — | | | | | | |
| | | | | | 700 | 400 | 400 | — | — | | | | | |
| | | | | | 750 | 280–300 | 280–300 | — | — | | | | | |
| | Закалка | 1170±10, 2 ч | Воздух | Поковка | 700 | 400 | — | — | — | | | | | |
| | Старение | 750, 16 ч | Воздух ¹ | 90 | 750 | 280–300 | — | — | — | | | | | |
| | Закалка | 1100, 2 ч | Воздух | Прутки | 650 | — | — | 390 | 200 | | | | | |
| | Старение | 700, 16 ч | Воздух | | 700 | — | — | 330 | 180 | | | | | |
| | | | | | 750 | — | — | 170–200 | 150 | | | | | |
| | | | | | 800 | 60 | 40 | 85 | 82 | | | | | |
| Пределы длительной прочности | | | | Жаростойкость [1, 3] | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Среда | t, °C | Увеличение массы, г/(м ² ·ч) | База испытаний, ч | | | | | | | |
| | | 1·10 ² | | | | | | | | | | | | |
| [3] | 500 | 730 | | Воздушная среда | 800 | 0,56 | 100 | | | | | | | |
| | 550 | 650 | | | | | | | | | | | | |
| | 600 | 590 | | | | | | | | | | | | |
| | 650 | 480 | | | | | | | | 900 | 1,72 | 100 | | |
| | 700 | 400 | | | | | | | | | | | | |
| | 750 | 280 | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 3] | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1130–900 | До 100 | | Спокойный воздух | | До 100 | | Спокойный воздух | | | | | | |
| Заготовка | 1130–900 | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | |
| Удовлетворительно сваривается. Способ сварки: РАД | | | Сталь обрабатывается удовлетворительно | | | Не чувствительна | | | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | |
| | | | | | | — | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--------|---|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|--|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
| 10X11H23T3MP (10X12H22T3MP, ЭП 33, ЭИ 696М) | | Сортовой и калиброванный прокат — ГОСТ 5949–75. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Al | B | |
| ≤ 0,10 | ≤ 0,60 | ≤ 0,60 | ≤ 0,010 | ≤ 0,025 | 10,0–12,5 | 21,0–25,0 | 1,00–1,60 | 2,60–3,20 | ≤ 0,80 | ≤ 0,02 | |

| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------|---------------------------------|---|---------------------------------------|---------|---------|----------------------------|---|---|---------------------------------------|---------|------------------|----------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | σ _{дл.} , Н/мм ² | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1100–1170, 2–5 ч | Воздух или масло | До 60 | 20 | 590 | 880 | 8 | 10 | 29 | — | | | | | |
| | | | | | | 700 | — | — | — | — | 392 ¹ | | | | | |
| | Старение | 750–800, 16–25 ч | Воздух | До 60 | 750 | — | — | — | — | — | 294 ² | | | | | |
| | | | | | | 685 | 980 | 10 | 12 | 29 | 569 ² | | | | | |
| | Закалка | 950–1050, 2–5 ч | Масло | До 60 | 600 | 685 | 980 | 10 | 12 | 29 | 569 ² | | | | | |
| | | | | | | 730–780, 16 ч | Воздух | До 60 | 600 | 685 | 980 | 10 | 12 | 29 | 569 ² | |
| Старение | 600–650, 10–16 ч | Воздух | До 60 | 600 | 685 | 980 | 10 | 12 | 29 | 569 ² | | | | | | |
| | | | | | Дополни- тельное старение | 600–650, 10–16 ч | Воздух | До 60 | 600 | 685 | 980 | 10 | 12 | 29 | 569 ² | |

¹ σ₁₀₀ — предел длительной прочности за 100 ч.

² σ₅₀ — предел длительной прочности за 50 ч.

В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают:

- а) с травленной поверхностью;
- б) с нормированной чистотой стали по волосовинам, выявленным потребителем на готовых деталях визуально;
- в) с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;
- г) с проверкой длительной прочности стали;
- д) с проверкой механических свойств при повышенных температурах;
- е) с нормированием содержания газов в стали;
- ж) с контролем на излом;
- з) с механическими свойствами, повышенными или в более узких пределах по сравнению с указанными в таблице;
- и) с контролем на загрязненность стали неметаллическими включениями;
- к) с проверкой величины зерна.

Примечание.

Нормы при испытаниях по подпунктам в, г, д, е, ж, з, и, к устанавливаются по согласованию потребителя с изготовителем.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | | | | | |
|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|-----------------------|---|---------------------------------------|---------|---------|----------------------------|---------|-----|---|---------------------------------------|---------|---------|----------------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² |
| ГОСТ 20700– 75 | Старение | 780±10, 16 ч | Воздух | Не ограни- чено | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 650±10, 16 ч | Воздух | | 686 | 980 | 12 | 14 | 49 | 302–388 | 685 | | | | | |

Примечания.

- Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
- Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
- Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.
- Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.
- Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше 10⁴/σ_т (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|-----------|----------------------|-------|--|---------------------------------------|---------|---------------------|----------------------------|-------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | | | 2,5·10 ⁴ | | 1·10 ⁵ | |
| | | | | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
| ГОСТ 20700– 75 | Отпуск | 780, 16 ч | Воздух | 500 | — | | | 500 | | 475 | |
| | | 650, 16 ч | | 580 | — | | | 325 | | 310 | |
| | | 700 | | 150 | — | | | — | | — | |

10X11H23T3MP (10X12H22T3MP, ЭП 33, ЭИ 696M)

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|----------|----------------------|------------------|-------------------|-------------|---------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [16] | Закалка | 1160–1180, 2–8 ч | Воздух | Прутки; | 20 | 680–700 | 950–1020 | 10–15 ¹ | 14–19 | 30 | 269–302 |
| | Старение | 750–780, 16–25 ч | | | 500 | 640 | 900 | 9 ¹ | 14 | — | — |
| | | | | | 600 | 630 | 860 | 10 ¹ | 16 | — | — |
| | | | | | 700 | 590 | 710 | 11 ¹ | 17 | — | — |
| | | | | | 750 | 520 | 620 | 8 ¹ | 13 | — | — |
| | | | | | 800 | 390 | 460 | 17 ¹ | 36 | — | — |
| | Закалка | 1100–1130, 3–5 ч | Масло | | 20 | 650–800 | 1100–1250 | 13–30 | 15–35 | 30–100 | 302–352 |
| | Старение | 720–750, 16 ч | | | 500 | — | 950–1050 | 15–30 | 15–35 | — | — |
| | | | | | 600 | — | 850–1050 | 10–22 | 10–25 | — | — |
| | | | | | 700 | — | 650–850 | 8–18 | 10–26 | — | — |
| | 750 | — | 580–700 | 8–14 | 10–25 | — | — | | | | |
| | Закалка | 1120±10, 3 ч | Масло | | 20 | 730–850 | 1100–1200 | 13–20 | 18–25 | — | — |
| | Старение | 775±5, 16 ч | | | 500 | — | 900–980 | 11–15 | 17–20 | — | — |
| | | | 700 | — | 740–800 | 10–17 | 15–20 | — | — | | |
| | Закалка | 1120, 3 ч | Масло | | 20 | 650–750 | 1000–1100 | 17–27 | 20–30 | 60–100 | 285–321 |
| | Старение | 840–850, 3–5 ч | | | 600 | 650–700 | 850–960 | 15–25 | 20–30 | — | — |
| | Старение | 700+20, 20–25 ч | | | 700 | 600–700 | 700–800 | 12–20 | 15–25 | — | — |
| | Закалка | 900–1000, 3–5 ч | Масло | | 20 | 850–1000 | 1100–1300 | 20–25 | 25–40 | 50–100 | — |
| Старение | 720, 16 ч | 500 | | | 850–980 | 1000–1150 | 13–20 | 25–35 | — | — | |
| | | 600 | | | 750–910 | 1000–1050 | 12–20 | 25–35 | — | — | |
| | | 700 | | | 700–800 | 800–900 | 10–15 | 10–25 | — | — | |
| 750 | — | 600–750 | 12–16 | 15–25 | — | — | | | | | |

¹ Удлинение определено по расчетной длине $\ell = 10d$.

Механические свойства при низких температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | σ_b^2 , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² |
|------|----------------------|------------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [16] | Закалка | 1000, 3–5 ч | Масло | Прутки; | –70 | 920–1000 | 1390 | 1680–1800 | 20–25 | 35–40 | 80 |
| | Старение | 720–750, 16 ч | | | –196 | 1090 | 1590 | 1680–1800 | 15 | 17 | 70 |
| | Старение | 630–550, 10–16 ч | Воздух | 90 | –253 | 1140 | 1540 | — | 5 | 9 | — |
| | Закалка | 1120, 3 ч | | | –70 | 820–920 | 1290 | 1550–1650 | 19 | 21 | — |
| | Старение | 775, 16 ч | | | –196 | 960–1070 | 1400 | 1630–1710 | 14 | 16 | — |
| | Старение | 600, 5 ч | | | –253 | 1140 | 1540 | — | 5 | 9 | — |

² Образец с надрезом. R_n = 0,1 мм.

| 10X11H23T3MP (10X12H22T3MP, ЭП 33, ЭИ 696М) | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--------------|---|--------------------|---------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|
| Механические свойства стали, полученной вакуумным дуговым переплавом, при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [16] | Закалка | 1120, 3 ч | Масло | Прутки; поковки 90 | 20 | 750–950 | 1050–125 | 13–22 | 14–27 | 50–90 | 311–341 |
| | | | | | 500 | — | 950–1130 | 15–20 | 15–30 | — | |
| | Старение | 780, 16 ч | С печью до 620°C, 16 ч, далее воздух | | 600 | — | 900–1080 | 12–26 | 15–35 | — | |
| | | | | | 650 | — | 800–1000 | 12–26 | 17–35 | — | |
| | | | | | 700 | — | 680–850 | 12–30 | 17–35 | — | |
| | | | | | 750 | — | 580–700 | 17–40 | 20–40 | — | |
| | | | | | 700 | — | 580–700 | 17–40 | 20–40 | — | |
| | Закалка | 1000, 3 ч | Масло | | 20 | 900–1030 | 1200–1300 | 18–26 | 20–40 | 45–80 | 341–385 |
| | | | | | 500 | — | 1050–1200 | 13–20 | 20–40 | — | |
| | Старение | 750, 16–25 ч | С печью до 650°C, 10–16 ч, далее воздух | | 550 | — | 1000–1140 | 12–20 | 20–44 | — | |
| | | | | | 600 | — | 950–1080 | 15–30 | 25–48 | — | |
| | | | | | 650 | — | 900–970 | 15–30 | 18–50 | — | |
| 700 | | | | — | 750–850 | 14–30 | 15–45 | — | | | |
| 700 | | | | — | 750–850 | 14–30 | 15–45 | — | | | |

| Механические свойства стали для дисков, полученной вакуумным дуговым переплавом, при различных температурах | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------|--------------------------------------|--|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------------------------------|------------------|----------------------|-----|------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Место вырезки образца | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | Длительная прочность | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | не менее или в пределах | | | | | |
| | | | | | | | | | | t, °C | σ , Н/мм ² | τ , ч | | | |
| [16] | Закалка | 1120, 3 ч | Масло | Поковки для дисков Обод Образцы тангенциальные | 20 | 750 | 1100 | 14 | 15 | 650 | 480 ¹ | 395 ² | | | |
| | | | | | | — | — | — | — | 650 | 480 | 361 | | | |
| | Старение | 780, 16 ч | С печью до 620°C, 16 ч, далее воздух | | 600 | — | 920 | 12 | 15 | 700 | 400 ¹ | 282 ² | | | |
| | | | | | 700 | — | — | — | — | 700 | 400 ¹ | 157 ² | | | |
| | | | | | | — | 700 | 15 | 18 | 700 | 400 | 422 ¹ | | | |
| | | | | | | — | — | — | — | 700 | 400 | 100 | | | |
| | | | | | | — | — | — | — | 700 | 400 | 100 | | | |
| | Закалка | 1120, 3 ч | Масло | | Полотно Образцы радиальные | 20 | — | 1140 | 10 | 12 | 650 | 480 ¹ | 375 ² | | |
| | | | | | | | — | — | — | — | 650 | 480 | 280 ² | | |
| | Старение | 780, 16 ч | Воздух | | | 600 | — | 920 | 15 | 19 | 700 | 400 ¹ | 326 | | |
| | | | | | | | — | — | — | — | 700 | 400 ¹ | 120–356 ² | | |
| | | | | | | | — | — | — | — | 700 | 400 ¹ | 120–356 ² | | |
| Старение | 620, 10 ч | Воздух | 700 | — | | 730 | 12 | 13 | — | — | — | | | | |
| | | | | 20 | | 765 | 1130 | 11 | 15 | 650 | 480 | 160 ² | | | |
| | | | | 600 | | — | 900 | 17 | 23 | 700 | 400 ¹ | 210 ² | | | |
| Закалка | 1000, 3 ч | Масло | Обод | 20 | | 800–1050 | 1100–1300 | 15–25 | 17–32 | 500 | 900 | 110–153 | | | |
| | | | | | | — | — | — | — | 550 | 700 | 100–322 | | | |
| | | | | 500 | | — | 1080 | 13 | 29 | 550 | 700 ¹ | 235 | | | |
| | | | | | | 550 | — | 1080 | 13 | 30 | 600 | 600 | 77–200 ² | | |
| | | | | | 600 | — | 1080 | 13 | 30 | 600 | 580 ¹ | 218 | | | |
| | | | | | 600 | — | 1080 | 13 | 30 | 600 | 580 ¹ | 218 | | | |
| | | | | Старение | 650, 10–16 ч | Воздух | Полотно Образцы радиальные | 20 | 900 | 1100–1300 | 21 | 33 | 500 | 900 | 120–153 |
| | | | | | | | | | — | — | — | — | 550 | 700 | 140 ² |
| 400 | — | 1060 | 16 | | | | | 36 | — | — | — | | | | |
| | 500 | — | 1050 | | | | | 15 | 33 | — | — | | | | |
| Старение | 650, 10–16 ч | Воздух | 550 | — | 1050 | 15 | 36 | — | — | — | | | | | |
| | | | | 20 | 900 | 1200 | 17 | 30 | 400 | 950 | 338–360 ² | | | | |
| | | | | 400 | — | 1080 | 14 | 25 | 400 | 980 | 1644 ² | | | | |
| Старение | 650, 10–16 ч | Воздух | радиальные | 500 | — | 1060 | 14 | 32 | 600 | 600 | 94–275 | | | | |
| | | | | | — | — | — | — | 600 | 600 | 94–275 | | | | |

¹ Образец с надрезом. R_n = 0,1 мм.

² Образцы сняты до разрушения.

10X11H23T3MP (10X12H22T3MP, ЭП 33, ЭИ 696М)

Длительная прочность стали, полученной вакуумным дуговым переплавом

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ, Н/мм ² | Длительная прочность | | | |
|----------|----------------------|-----------|---|----------------------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | Гладкие | | С надрезом R _n = 0,1 мм | С надрезом R _n = 0,5 мм |
| | | | | | | | δ, % | τ, ч | τ, ч | τ, ч |
| [16] | Закалка | 1120, 5 ч | Масло | Прутки; поковки 90 | 650 | 500 | 4,5–7 | 128–197 | 272–1762 ¹ | — |
| | Старение | 780, 16 ч | С печью до 620°C, 10–16 ч, далее воздух | | 700 | 400 | 5–18 | 108–461 | 380–1080 ¹ | — |
| | | | | | 750 | 300 | 15–30 | 115–221 | — | — |
| | Закалка | 1000, 3 ч | Масло | 400 | 1000 | — | 280–383 ¹ | — | — | |
| | Старение | 750, 16 ч | С печью до 650°C, 10–16 ч, далее воздух | 400 | 980 | — | 1600 ¹ | — | — | |
| | | | | 500 | 900 | 3–8 | 100–370 ¹ | 100–369 ¹ | — | |
| | | | | 550 | 700 | 2,5–7 | 100–530 ¹ | 100–403 ¹ | — | |
| | | | | 600 | 600 | 2,5–9 | 100–383 | 93–330 ¹ | — | |
| | | | | 650 | 500 | 3–9 | 100–280 | 190–369 ¹ | — | |
| | 700 | 360 | 20–25 | 100–300 | — | — | | | | |
| | Закалка | 1000, 3 ч | Масло | 400 | 1000 | — | 1120 ¹ | — | — | |
| | Старение | 780, 16 ч | С печью до 650°C, 16 ч, далее воздух | 550 | 700 | 5–12 | 100–284 ¹ | 192–347 ¹ | — | |
| 600 | | | | 600 | 5–18 | 60–116 | 145–180 ¹ | — | | |
| 600 | 580 | — | — | 287–316 ¹ | — | | | | | |
| Закалка | 1170, 2 ч | Воздух | 700 | 400 | 5–11 | 100–420 ¹ | — | 180–1200 ¹ | | |
| Старение | 780, 16 ч | Воздух | 750 | 300 | 10–25 | 100–268 | — | — | | |

¹ Образцы сняты до разрушения.

Пределы ползучести

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------------------|-------|---|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 1/10 ² | |
| | | | | | | Остаточная деформация | |
| [16] | Закалка | 1170–1180, 2 ч | Воздух | Прутки; поковки 90 | 500 | ≥ 600 | |
| | Старение | 775, 20 ч | Воздух | | 700 | 340 | |
| | | | | | 750 | 230–240 | |

| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [16] | | | Термообработка | Жаростойкость [16] | | | |
|-------|---|-----------------|-----------------|--|--|-------|------------------------------|----------------------|
| | σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч |
| 750 | 260 | — | 10 ⁷ | Прутки и поковки со стороны квадрата 90 мм. Закалка 1170–1180°C, 2 ч, воздух. Старение 775°C, 20 ч воздух | Сталь обладает удовлетворительным сопротивлением газовой коррозии при температурах до 850°C | | | |
| 750 | 250 | — | 10 ⁷ | | | | | |

| 10X11H23T3MP (10X12H22T3MP, ЭП 33, ЭИ 696М) | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|---|------------------|------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---|
| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сече- ние, мм | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждаю- щая среда | | | 1·10 ² | 3·10 ² | 5·10 ² | 1·10 ³ | 2·10 ³ | 1·10 ² | |
| | | | | | | | | | | | С надрезом | |
| | | R _н =0,5 мм | R _н =0,1 мм | | | | | | | | | |
| [16] | Закалка | 1120, 3 ч | Масло | Прутки; | 600 | 630 | — | — | — | — | — | — |
| | Старение | 840–850, 3–5 ч | Воздух | поковка | 650 | 500 | — | — | — | — | 490–500 | — |
| | Старение | 700±20, 20–25 ч | Воздух | 90 | 700 | 400 | — | — | — | — | 380–400 | — |
| | | | | | 750 | 300 | — | — | — | — | — | — |
| | Закалка | 1100–1130, 3–5 ч | Масло | Прутки; | 400 | | 890– 900 | — | — | — | — | — |
| | Старение | 720–750, 16 ч | С печью до 650–650°C, 16–20 ч, далее воздух | поковка | 500 | 750 | — | 740 | 700 | 680 | — | — |
| | | | | 90 | 500 ¹ | 830 | — | 780 | 740 | 720 | — | — |
| | | | | | 600 | 600 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | 600 ¹ | 630 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | 650 | 490 | — | 390 | 370 | 350 | — | — |
| | | | | | 650 ¹ | 500 | — | 410 | 390 | 360 | — | — |
| | | | | | 700 | 400 | — | 320 | 300 | 280 | — | — |
| | | | | | 700 ¹ | 450 | — | 340 | 320 | 300 | — | — |
| | | | | | 750 | 238 | — | 190 | — | — | — | — |
| | | | | | 750 ¹ | 320 | — | 210 | — | — | — | — |
| | Закалка | 1160–1180, 2–8 ч | Воздух | Прутки; | 500 | 670– 680 | — | — | — | — | — | — |
| | Старение | 775+5, 16 ч | Воздух | поковка | 600 | 560– 570 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 90 | 650 | 490– 500 | — | — | — | — | 450 | — |
| | | | | 700 | 400– 420 | — | — | — | — | 400 | — | |
| | | | | 750 | 300– 320 | — | — | — | — | — | — | |
| | | | | 800 | 170– 180 | — | — | — | — | — | — | |
| Закалка | 1120, 3 ч | Масло | Прутки; | 600 | 600– 630 | | | | | | | |
| Старение | 775, 16 ч | С печью до 620–650°C, 10–16 ч, далее воздух | поковка | 650 | 490– 500 | | | | | 490–500 | | |
| | | | 90 | 700 | 400– 420 | | | | | 400–420 | | |
| | | | | 750 | 300– 320 | | | | | | | |
| Закалка | 900–1000, 3 ч | Масло | Прутки; | 500 | 900 | | | | | | 900 | |
| Старение | 630–580, 16 ч | Воздух | поковка | 550 | 700 | | | | | | 700 | |
| | | | 90 | 600 | 600 | | | | | | 600 | |

¹ Средние значения пределов длительной прочности.

| Технологические характеристики [1] | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1050–850 | До 100 | Спокойный воздух | До 100 | Спокойный воздух |
| Заготовка | 1050–850 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|----------------------------------|
| Удовлетворительно сваривается. Способ сварки: РАД | Сталь обрабатывается удовлетворительно | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | — |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|-------------------|---|-----------|--|--------------------------------|--------------|------------|---|-----------------|
| 12Х12М2БФР (ЭП 450), 12Х12М2БФР-III (ЭП 450-III) | | Трубная заготовка — ТУ 14-1-3820-84 (ТУ 14-1-2488-78). Трубы бесшовные особотонкостенные — ТУ 14-3-1511-87. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | НД |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Nb | B | |
| 0,10-0,15 | ≤ 0,50 | ≤ 0,50 | ≤ 0,015 | ≤ 0,025 | 11,0-13,5 | 0,05-0,30 | 1,20-1,80 | 0,10-0,30 | 0,25-0,55 | ≤ 0,04 | ТУ 14-3-1511-87 |
| 0,10-0,15 | ≤ 0,60 | ≤ 0,60 | ≤ 0,020 | ≤ 0,030 | 12,0-14,0 | ≤ 0,30 | 1,20-1,80 | 0,10-0,30 | 0,25-0,55 | ≤ 0,04 по расчету | ТУ 14-1-2488-78 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | Состояние |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | не менее или в пределах | | | | | |
| ТУ 14-3-1511-87 | Закалка | 1050, 0,5 ч | Вода | Трубы шестигранные D _н 6,0, D _{вн} 5,4, мерная длина 1000, 3000 D _н 6,6, D _{вн} 5,8, мерная длина 1850, 2500 D _н 6,8, D _{вн} 5,8-6,0, мерная длина 1850, 2500 D _н 6,9, D _{вн} 6,1, мерная длина 1850, 2500 D _н 14,0, D _{вн} 13,2, мерная длина 2050, 2150 | 20 | Размер зерна не более 7 баллов Проверка на стойкость против МКК | | | | | |
| | Отпуск | 720, 1 ч | Воздух | | 600 | | | | | | |
| | | | | | 650 | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | Состояние | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | не менее или в пределах | | | | | |
| [378] | Закалка | 1050, 0,5 ч | Вода | | 20 | 780 | 750-800 | 4-19 | — | — | |
| | Отпуск | 720, 1 ч | Воздух | | 350 | 610 | 640 | 6-11 | — | | |
| | | | | | 500 | 570 | 610 | 5-6 | — | | |
| | | | | | 600 | — | 350-390 | 15-20 | — | | |
| | | | | | 750 | 160 | 180 | 15-40 | — | | |
| [380] | Закалка | 1050, 0,5 ч | Вода | | 20 | 665 | 840 | 19 | — | Исходное состояние | |
| | Отпуск | 720, 1 ч | Воздух | | 350 | 500 | 680 | 17 | — | | |
| | | | | | 20 | 1360 | 1415 | 5,9 | — | После облучения при t _{обл} =345°C 10 сна в БОР-60 | |
| | | | 345 | 1180 | 1290 | 8,2 | — | | | | |

12X12M2БФР (ЭП 450), 12X12M2БФР-Ш (ЭП 450-Ш)

Назначение. Для изготовления трубной заготовки, особотонкостенных труб, применяемых в производстве деталей и оборудования химического, энергетического и атомного машиностроения (чехлы и оболочки твэлов).

Сталь жаропрочная мартенситно-ферритного класса (малораспухаемая), обладает высокой деформационной способностью и коррозионной стойкостью.

Сталь может выплавляться с применением ЭШП.

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность | | Ползучесть | δ, % |
|-------|----------------------|-------------|-------------------|-------|----------------------|------|-------------------|----------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | σ, Н/мм ² | τ, ч | ε̇, %/ч | |
| [380] | Закалка | 1050, 0,5 ч | Вода | 650 | 80 | 6201 | 8/10 ⁴ | 11 |
| | Отпуск | 720, 1 ч | Воздух | | 100 | 2033 | 4/10 ³ | 18 |
| | | | | | 120 | 98 | 8/10 ³ | 22 |
| | | | | | 650 | 140 | 392 | 1,18/10 ² |
| | 700 | 120 | 2,3 | | 9,1 | — | | |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–800 | До 180 | В колодце | До 180 | В колодце |
| Заготовка | 1180–800 | | | | |

Сталь удовлетворительно деформируется в холодном состоянии.

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Распухание стали | | | |
|---|--|-------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------|
| | | Вид облучения | Флюенс, сна | Распухание стали, % | Примечание |
| Удовлетворительно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | В закаленном и отпущенном состоянии при $\sigma_b = 750 \text{ Н/мм}^2$ $K_v = 0,75$ (твердый сплав), $K_v = 0,45$ (быстрорежущая сталь) | Нейтронное | 80 | 0,2 | — |
| | | Ионами Cr^{3+} | 150 | 0,5 | — |
| | | В реакторе БН-600 | 74 | 1 | Выгорание топлива 8,7% т.а. |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|--------------------------------|-------------------------------|-----------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|--------------------|-------------------|
| 16Х12МВСФБР-Ш (ЭИ 823-Ш) | | Прокат листовой г/к — ТУ 09-6488-082-00-212-179-2012. Прокат листовой х/к — ТУ 09-92000-085-00212179-2012. Прутки — ТУ 14-1-1135-74. Трубы бесшовные холоднодеформированные — ТУ 1367009-086-00212179-2012. Трубы бесшовные холоднодеформированные со спиральными ребрами — ТУ 8009.00.044-2011. Трубная заготовка — ТУ 14-1-925-74. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-925-74 | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | W | V | Nb | B | Ce |
| 0,14-0,18 | 1,00-1,30 | 0,50-0,80 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 10,0-12,0 | 0,50-0,80 | 0,60-0,90 | 0,50-0,80 | 0,20-0,40 | 0,20-0,40 | ≤ 0,006 по расчету | ≤ 0,10 по расчету |
| Массовая доля Ti и N не более 0,05% каждого, Al — не более 0,05% (отклонение по Al не является браковочным признаком). Ce и B вводятся по расчету и химическим анализом не определяются. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства стали при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-925-74 | Закалка | 1040-1080, 1 ч | Воздух | Ø 20-25 | 20 | 600 | 800 | 16 | 50 | — | — | |
| | Отпуск | 680-730, 2-3 ч | Воздух | | 650 | 220 | — | 18 | 55 | — | — | |
| | | | | Ø 8-100 | 20 | 590 | 780 | 16 | 50 | — | — | |
| | | | | | 650 | — | 220 | 17 | 55 | — | — | |
| Сталь контролируется на длительную прочность при температуре 650°C, постоянно-приложенное напряжение 98 Н/мм ² . Время испытаний не менее 100 ч. Результаты контроля длительной прочности заносятся в сертификат. | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-1135-74 | Закалка | 1040-1080, 1 ч | Воздух | Ø 8-100 | 20 | 590 | 780 | 16 | 50 | — | — | |
| | Отпуск | 680-730, 2-3 ч | Воздух | | 650 | — | 220 | 17 | 55 | — | — | |
| Загрязненность стали неметаллическими включениями не должна превышать нормы: сульфидов — 1,0 балл, оксидов строчечных — 2 балла, оксидов точечных — 2 балла, силикатов точечных хрупких — 2 балла, силикатов пластичных — 2 балла, силикатов недеформируемых — 1,0 балл (Метод III-6 по ГОСТ 1778 на шести образцах от плавки). Дополнительно контролируется содержание нитридов и карбонитридов. | | | | | | | | | | | | |
| Макроструктура стали не должна иметь усадочной раковины и рыхлости, пузырей, трещин, шлаковых включений, корочки, расслоений и флокенов, видимых без применения увеличительных приборов. | | | | | | | | | | | | |
| Сталь контролируется на длительную прочность (ГОСТ 10145) по режиму: t = 650°C, постоянно-приложенное напряжение 98 Н/мм ² . Время испытаний не менее 100 ч. Режим термообработки согласно таблицы. | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 09-6488-082-00-212-179-2012 | Закалка | 1040-1080, 1 ч | Воздух | Лист δ=4-40; b=750-1500 | 20 | 590 | 780 | 16 | 50 | — | — | |
| | Отпуск | 680-730, 2-3 ч | Воздух | | 600 | 220 | — | 18 | 55 | — | — | |
| ТУ 09-92000-085-00212179-2012 | Закалка | 1050-1080 | Вода или воздух | Лист δ=1-3; b=710-1000 | 20 | 590 | 780 | 16 | — | — | — | |
| | Отпуск | 680-730 | С печью до 500°C, далее воздух | | 650 | 220 | — | 18 | — | — | — | |

| 16X12MBCФБР-Ш (ЭИ 823-Ш) | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|--|--------------------|---|--------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|----|
| Механические свойства стали при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 8009.00. 044-2011 | Термическая обработка в вакууме или в среде защитных по технологической инструкции завода-изготовителя | | | \varnothing_n (по ребрам) $13,5^{+0,05}_{-0,10}$; толщина стенки $0,4 \pm 0,05$; $\varnothing_{вн} 11,2 \pm 0,05$; по длине 1200 или 2600* | 20 | 588 | 735 | 12 | — | — | — |
| | | | | | 600 | 245 | 294 | 20 | — | — | — |
| * Допускается 10% труб сдавать длиной не менее 1000 мм. | | | | | | | | | | | |
| Величина зерна термообработанных труб должна быть не крупнее номера 7 по ГОСТ 5639. | | | | | | | | | | | |
| Трубы должны выдерживать испытание внутренним гидравлическим давлением по ГОСТ 3845. Пробное давление должно рассчитываться по ГОСТ 3845. При расчете допускаемое напряжение (R) в стенке трубы 588 Н/мм ² . Время выдержки при пробном давлении не менее 10 с. Способность труб выдерживать внутреннее гидравлическое давление обеспечивается технологией производства и гарантируется изготовителем без проведения испытаний. | | | | | | | | | | | |
| ТУ 1367009-086-00212179-2012 | Закалка | 1040-1060, 2 мин/мм | Воздух | $\varnothing_{вн} 45, 20$; толщина стенки 2,5; длина 4000 | 20 | 590 | 780 | 12 | — | — | — |
| | Отпуск | 700-720 | Воздух | | 650 | 245 | 294 | 20 | — | — | — |
| Назначение. Элементы реакторных установок в атомной промышленности, трубы бесшовные холоднодеформированные в качестве конструкционного материала для энергетических установок. | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая мартенситно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1150-850 | — | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | — | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | |
| Заготовка | 1150-850 | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способ сварки: РАД. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | В закаленном и отпущенном состоянии при $\sigma_b = 780-800$ Н/мм ² $K_v = 0,78$ (твердый сплав), $K_v = 0,45$ (быстрорежущая сталь) | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| | | | | | | — | — | — | — | | |

| | |
|---|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 18Х12ВМБФР (ЭИ 993), 18Х12ВМБФР-III (ЭИ 993-III) | Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. Прутки и полосы — ТУ 14–1–552–72. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|---------|---------|-----------|----|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | B | Nb | Cu |
| 0,15–0,22 | ≤ 0,50 | ≤ 0,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 11,0–13,0 | — | 0,40–0,60 | 0,15–0,30 | 0,40–0,70 | ≤ 0,003 | 0,20–0,40 | ≤ 0,30 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Отжиг или отпуск | ПС | | До 200 | — | — | — | — | — | — | ≤ 229 |
| | Закалка Отпуск | 1050–1150 650–700 | Масло Воздух | До 200 | 490 | 740 | 12 | 45 | 39 | — | — |

В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают:

- а) с травленной поверхностью;
- б) с нормированной чистотой стали по волосовинам, выявленным потребителем на готовых деталях визуально;
- в) с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;
- г) с проверкой длительной прочности стали;
- д) с проверкой механических свойств при повышенных температурах;
- е) с нормированием содержания газов в стали;
- ж) с контролем на излом;
- з) с механическими свойствами, повышенными или в более узких пределах по сравнению с указанными в таблице;
- и) с контролем на загрязненность стали неметаллическими включениями;
- к) с проверкой величины зерна.

Примечание.

Нормы при испытаниях по подпунктам в, г, д, е, ж, з, и, к устанавливаются по согласованию потребителя с изготовителем.

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , (неразрушающее напряжение) за время испытания, ч | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
|--------------|------------------------------|---------|-------------------|-------|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка Отпуск (старение) | 1050 | Масло | 560 | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁵ |
| | | 650–700 | Воздух | 590 | не менее | не менее |
| | | | | | 196 | 137 |
| | | | | | 147 | 88 |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
|---------------|------------------------|----------------------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Отжиг (высокий отпуск) | 700–720 | Воздух | До 200 | — | — | — | — | — | ≤ 229 | — |
| | Закалка Отпуск | 1030–1050 680–720 | Масло Воздух | До 200 | Болты, шпильки, пробки и хомуты | | | | | | |
| 667–784 | | 784 | | | 15 | 45 | 59 | 241–285 | 665 | | |
| Гайки | | | | | | | | | | | |
| — | | | | | | | | | | | |
| 197–229 | | | | | | | | | | | |

Примечания.

- Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
- Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
- Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.
- Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.
- Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше 10⁴/σ_b (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

| 18X12ВМБФР (ЭИ 993), 18X12ВМБФР-Ш (ЭИ 993-Ш) | | | | Механические свойства | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-----------------------|---|-------------------|--|-------------------|
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| ГОСТ 20700-75 | ПС | | | 450 | 480 | 420 | — | — |
| | | | | 500 | 360 | 310 | — | — |
| | | | | 560 | 250 | 220 | — | 150 |

| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|------------------------------------|--|-----|------|------|------|------|------|------|-------|---|--------------------------------------|
| НД | t, °C | σ ₀ , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ _т , Н/мм ² , за время τ, ч | | | | | | | | | | σ _{0,2} , Н/мм ² |
| | | | 100 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 | 8000 | 13000 | | |
| ГОСТ 20700-75 | 450 | 250 | 210 | — | 205 | — | — | 200 | — | — | — | — | 194 |
| | 450 | 300 | 250 | — | 245 | — | — | 239 | — | — | — | — | 230 |
| | 450 | 350 | 285 | — | 280 | — | — | 272 | — | — | — | — | 263 |
| | 500 | 250 | 197 | — | 184 | — | — | 172 | — | — | — | — | — |
| | 500 | 300 | 230 | — | 215 | — | — | 203 | — | — | — | — | — |
| | 500 | 350 | 269 | — | 249 | — | — | 232 | — | — | — | — | — |
| | 565 | 250 | 150 | 143 | 134 | 126 | 123 | 116 | 112 | 102 | 98 | — | — |
| | 565 | 300 | 175 | 168 | 158 | 148 | 146 | 139 | 137 | 121 | 115 | — | — |
| | 565 | 350 | 204 | 190 | 183 | 170 | 164 | 160 | 155 | 135 | 130 | — | — |
| | 580 | 300 | 220 | 150 | 139 | 120 | 115 | 110 | 108 | 98 | 90 | — | — |
| 580 | 350 | 205 | 175 | 160 | 140 | 132 | 130 | 125 | 110 | 105 | — | — | |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|----------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-552-72 | Закалка | 1030-1050 | Масло | До 180 | 680 | 800 | 12 | 45 | 59 | — | ≤ 229 |
| | Отпуск | 680-720 | Воздух | | | | | | | | |
| [1] | Нормализация | 1030-1050 | Воздух | Образцы | 700 | 900 | 15 | 45 | 59 | — | 255-235 |
| | Отпуск | 680-720 | Воздух | | | | | | | | |

Назначение. Крепежные детали, турбинные лопатки для работы при температуре до 565-600°C, трубы для длительной работы при температурах до 600-620°C.

Сталь жаропрочная мартенситно-ферритного класса, обладает высокой деформационной способностью и коррозионной стойкостью.

| Механические свойства металла трубы при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|-------------------|------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Состояние поставки (нормализация отпуск) | — | — | Прямой участок | 640 | 820 | 17 | 50 | 55 | — | 241 |
| | | | | Нейтральная зона | 680 | 840 | 13 | 54 | 45 | — | 241 |
| | | | | Сжатая зона | 810 | 900 | 10 | 45 | 30 | — | 269 |
| | Отпуск | 780, 3 ч | Воздух | Нейтральная зона | 550 | 710 | 19 | 52 | 54 | — | 229 |
| | | | | Сжатая зона | 570 | 750 | 18 | 55 | 55 | — | — |

| Механические свойства стали при различных температурах | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [3] | Закалка Отпуск | 1050 650-670 | Масло Воздух | Трубы продольные образцы | 20 | 670 | 900 | 14 | 46 | 80 | — |
| | | | | | 200 | 660 | 850 | 13 | 47 | 80 | — |
| | | | | | 300 | 640 | 800 | 12 | 48 | 90 | — |
| | | | | | 350 | 620 | 750 | 12 | 50 | 100 | — |
| | | | | | 400 | 600 | 720 | 12 | 50 | 110 | — |
| | | | | | 450 | 570 | 670 | 12 | 50 | 120 | — |
| | | | | | 500 | 540 | 630 | 13 | 53 | 130 | — |
| | | | | | 550 | 500 | 580 | 13 | 55 | 130 | — |
| | | | | | 600 | 450 | 520 | 14 | 50 | 130 | — |
| | | | | | 700 | 350 | 360 | 18 | 70 | 180 | — |

| 18X12ВМБФР (ЭИ 993), 18X12ВМБФР-Ш (ЭИ 993-Ш) | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|------------------|-------------------|-------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | τ, ч | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1, 3] | Закалка Отпуск | 1050 650, 3 ч | Масло Воздух | 600 | — | 785 | 940 | 16 | 60 | 90 | 285 |
| | | | | 600 | 1000 | 735 | 900 | 15 | 60 | 75 | — |
| | | | | 600 | 5000 | 715 | 880 | 17 | 55 | 70 | 277 |
| | | | | 600 | 10000 | 655 | 820 | 17 | 55 | 60 | 269 |

| Относительное удлинение при испытании на длительную прочность | | | | | | | | | | | |
|---|---------|--|--|------|--|--|------|--|--|--|--|
| НД | t, °C | | | τ, ч | | | δ, % | | | | |
| [5] | 500 | | | 3000 | | | 23 | | | | |
| | 560–565 | | | 9000 | | | 24 | | | | |
| | 590 | | | 1500 | | | 20 | | | | |
| | 620 | | | 2500 | | | 14 | | | | |

| Пределы длительной прочности и ползучести стали (трубная заготовка, продольные образцы) | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|------------------|-------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|--|--|--|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | |
| [3] | Нормализация Отпуск | 1050 750, 3 ч | Воздух Воздух | 500 | 360 | 320 | — | — | | | |
| | | | | 560 | 250 | 220 | 200 | 150 | | | |
| | | | | 590 | 210 | 170 | 140 | 100 | | | |
| | | | | 620 | 140 | 110 | 80 | 60 | | | |

| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------|------------------|-------------------|---------|------------------------------------|--|------|------|------|-------|-----|---|-----|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ ₀ , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ _т , Н/мм ² , за время τ, ч | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 1000 | 4000 | 7000 | 10000 | | | |
| [3] | Закалка Отпуск | 1050 700, 3 ч | Воздух Воздух | 300 | 400 | 380 | 370 | 370 | — | 360 | | | |
| | | | | 300 | 320 | 330 | 320 | 320 | — | 310 | | | |
| | | | | 300 | 300 | 290 | 280 | 270 | — | 270 | | | |
| | | | | 300 | 250 | 240 | 230 | 230 | — | 220 | | | |
| | | | | 400 | 400 | 330 | 320 | 320 | — | 310 | | | |
| | | | | 400 | 350 | 300 | 290 | 280 | — | 280 | | | |
| | | | | 400 | 300 | 260 | 250 | 250 | — | 240 | | | |
| | | | | 400 | 250 | 220 | 210 | 210 | — | 200 | | | |
| | Закалка Отпуск | 1080 700, 3 ч | Масло Воздух | 450 | 350 | 290 | 280 | 270 | 260 | 260 | | | |
| | | | | 450 | 300 | 250 | 240 | 240 | 230 | 230 | | | |
| | | | | 450 | 250 | 210 | 200 | 200 | 200 | 190 | | | |
| | | | | 500 | 350 | 270 | 250 | 230 | 220 | — | | | |
| | | | | 500 | 300 | 230 | 220 | 200 | 190 | — | | | |
| | | | | 500 | 250 | 200 | 180 | 170 | 160 | — | | | |
| | | | | Закалка | 1150 700, 3 ч | Масло | 565 | 300 | — | 140 | 130 | — | 100 |
| | | | | Отпуск | | | 580 | 350 | — | 145 | 120 | — | 100 |

| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|--|--------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|--|--|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1200–850 | До 270 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | До 700 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | |
| Заготовка | 1200–850 | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций | | В закаленном и отпущенном состоянии при 269–302 НВ и σ _b = 750 Н/мм ² K _v = 0,78 (твердый сплав), K _v = 0,45 (быстрорежущая сталь) | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| | | | | | | 850 | 930 | — | — | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|--|-------------------------------------|---|--------------------------------------|--|--|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|----------|---------|
| 10X12НД | | Поковки — ОСТ 108.958.04–85, ТУ 108.11.917–87. Прокат — ТУ 108.11.264–77. Лист — ТУ 108.1273–84. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.958.04–85 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| ≤ 0,10 | ≤ 0,40 | 0,30–0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 12,0–13,5 | 1,10–1,50 | 0,80–1,10 | 700–730 | 830–850 | — | — | 300–350 | 120–150 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU ₂ , Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ОСТ 108.958.04–85 | В состоянии поставки термообработаны | | | До 500 | Не определяются | | | | | — | 207–255 | | |
| [1] | Отпуск | 660–680 | Печь или воздух | Лист до 150 | Не определяются | | | | | — | 220–250 | | |
| | Закалка | 950–1050 | Печь со скоростью 30°С/ч или воздух | Лист до 150 | 539 | 637 | 14 | 30 | 78 | — | 220–250 | | |
| | Отпуск | 660–680 | Печь или воздух | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 660–680 | Печь | Поковка | Уков 4 | | | | | | | | |
| | Закалка | 950–970 | Воздух | 40 × 40 | 664 | 760 | 19 | 67 | 146 | — | 229 | | |
| Отпуск | 660–680 | Воздух | 100 × 100 | 669 | 774 | 15 | 51 | 55 | — | 229 | | | |
| Назначение. Детали гидротурбин. | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая мартенситно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | Гидроабразивная стойкость (по сравнению со сталью марки 25) [1] | | | | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | Коэффициент износостойкости при абразивном износе, Σ | | Коэффициент износостойкости при гидроабразивном износе, Σ _r | | Время, ч | | | | | |
| 260 | — | 10 ⁷ | | 3,2 | | — | | 24 | | | | | |
| | | | Закалка 950°С + отпуск 670°С | — | | 10,2 | | 720 | | | | | |
| Кавитационная стойкость ¹ [1] | | | | Кавитационно-коррозионная стойкость ² [1] | | | | | | | | | |
| Амплитуда колебаний, мм | Частота колебаний, Гц | Время испытаний, ч | Потери веса, мг | Потери веса при испытании, мг, за время | | | Режим термообработки | | | | | | |
| | | | | 288 ч | 576 ч | 764 ч | | | | | | | |
| 0,07 | 8100 | 3 | 59,5 | 23,3 | 59,8 | 84,9 | Нормализация 1050°С, 3ч + отпуск 670°С, 6ч | | | | | | |
| | | | | 18,8 | 44,3 | 65,3 | Нормализация 950°С, 3ч + отпуск 670°С, 6ч | | | | | | |
| ¹ Испытания на магнитострикционном вибраторе. | | | | ² Испытания проводились на магнитострикционном вибраторе по методу чередования кавитационного и коррозионного воздействия. | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | | | |
| Общая | | Речная вода | | 20 | 1000 | 1 | | | | | | | |
| | | Водопроводная вода | | 20 | 3000 | 1 | | | | | | | |
| Точечная | | По коррозионной стойкости близка к стали 06X12НЗД | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Не проверяется | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | Не проверяется | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [66, 67, 69, 71] | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1200–780 | ПС | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | | После закалки и отпуска при 217 НВ K _v = 0,75 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | | | |

| | |
|--------------------------------------|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 15X12ВНМФ (ЭИ 802, ЭИ 952) | Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Прутки, полосы — ГОСТ 18968–73, ОСТ 108.020–82, ОСТ 108.020.123–78. Прутки фасонные — ГОСТ 19442–74. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Cu |
| 0,12–0,18 | ≤ 0,40 | 0,50–0,90 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 11,0–13,0 | 0,40–0,80 | 0,50–0,70 | 0,15–0,30 | 0,70–1,10 | ≤ 0,30 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Отжиг или отпуск | 900–950 | С печью | До 200 | — | — | — | — | — | — | ≤ 229 |
| | Закалка | 1000–1020 | Масло | До 200 | 590 | 740 | 15 | 45 | 59 | — | — |
| | Отпуск | 600–700 | Воздух | | | | | | | | |

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|-------|---|-------------------|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁵ | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1000 | Масло | 550 | 235 | 196 | 98 | |
| | Отпуск | 680, 10 ч | Воздух | 565 | 216 | 167 | 88 | |
| | | | | 580 | 157 | 137 | 69 | |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18968–73 | Закалка | 1010–1060 | Масло | До 60 | 590–735 | 740 | 15 | 50 | 59 | — | 229–269 |
| | | | | Отпуск | 660–770 | Воздух | От 61 до 100 | 590–735 | 740 | 14 | 45 |

Механические свойства при комнатной температуре (прутки, образцы цилиндрические)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 19442–74 | Закалка | 1010–1060 | Масло | До 60 | 588–735 | 735 | 15 | 50 | 59 | — | 229–269 |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух | | | | | | | | |

Примечания.

1. Нормы распространяются на прутки с наибольшей толщиной до 60 мм.

При толщине прутков более 60 мм допускается понижение относительного удлинения на 1% и относительного сужения на 5% по сравнению, с указанными в таблице, а также ударной вязкости на 4,9 Дж/см² при норме менее 78,4 Дж/см² и на 9,8 Дж/см² при норме 78,4 Дж/см² и более.

2. Нормы на ударную вязкость распространяются только на фасонные прутки для лопаток с наибольшей толщиной профиля 12 мм и более.

3. Нормы на твердость распространяются на все фасонные прутки для лопаток и на прутки для связи лопаток с наибольшей шириной (диаметром) более 10 мм.

Механические свойства при комнатной температуре (прутки фасонные для лопаток и для связи лопаток)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 19442–74 | Закалка | 1010–1060 | Масло | До 60 | — | 735–931 | 13 | — | — | — | 229–269 |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух | | | | | | | | |

Примечания.

1. Для прутков толщиной более 60 мм допускается снижение относительного удлинения на 1%.

2. При испытаниях образцов с расчетной длиной 100 мм и прутков с $\ell_0 = 11,3 \cdot \sqrt{F_0}$ (где F_0 — фактическое сечение профиля) допускается понижение относительного удлинения при норме 16% и более на 4%, при норме 13–15% на 2%.

| 15X12ВНМФ (ЭИ 802, ЭИ 952) | | | | Механические свойства | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------|-------|-------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.020.03-82 | Закалка | 1060 | Масло | Замок до 60 | 568-755 | 755 | 14 | 50 | 59 | — | 229-269 |
| | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1060 | Масло | Замок до 60 | 666-813 | 784 | 13 | 40 | 39 | — | 241-285 |
| | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1060 | Масло | Замок свыше 60 | 568-755 | 755 | 13 | 45 | 59 | — | 229-269 |
| | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1060 | Масло | Замок свыше 60 | 666-813 | 784 | 12 | 35 | 39 | — | 241-285 |
| | | | | | | | | | | | |

Назначение. Лопатки, диски, цельнокованные роторы, бандажи, диафрагмы, болты, гайки, шпильки и другие детали, работающие при температуре до 570°C.

Коррозионно-стойкий крепеж для гидротурбин.

Сталь жаропрочная мартенситно-ферритного класса, обладает высокой деформационной способностью и коррозионной стойкостью.

Сталь может выплавляться с применением ЭШП и ВДП.

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Закалка | 1050 | Масло | Прутки | 20 | 510 | 690 | 18 | 57 | 70 | — |
| | | | | | | | | | | | |
| | 400 | 410 | 520 | 13 | 48 | 110 | — | | | | |
| | 500 | 360 | 430 | 15 | 55 | 120 | — | | | | |
| | 550 | 310 | 350 | 23 | 65 | 120 | — | | | | |
| | 565 | 360 | 420 | 18 | 58 | 150 | — | | | | |
| | 580 | 270 | 200 | 25 | 79 | 150 | — | | | | |
| | 600 | 260 | 280 | 27 | 80 | 130 | — | | | | |
| | 610 | 300 | 340 | 29 | 86 | 200 | — | | | | |

| НД | t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | Термообработка |
|-----|-------|--|-------------|-----------------|--|---|------|------|------|---|
| | | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | - 20 | - 40 | - 60 | |
| [1] | 20 | 380 ¹ | — | 10 ⁷ | Закалка 1050°C, масло. Отпуск 700-720°C. $\sigma_{0,2}$ =690 Н/мм ² ; σ_b =510 Н/мм ² | 47-147 | 57 | 67 | 62 | Диск ϕ 750-1020 мм, высотой 300 мм. Поковка ротора ϕ 1140 мм. Закалка 1050°C, масло. Отпуск 720°C. $\sigma_{0,2}$ =600-650 Н/мм ² ; σ_b =750-810 Н/мм ² (образцы тангенциальные) |
| | 20 | 168 ² | — | 10 ⁷ | | | | | | |
| [5] | 450 | 340 ¹ | — | 10 ⁵ | Пруток. Продольные образцы. Закалка 1050°C, масло. Отпуск 700-720°C, воздух | 47-147 | 57 | 67 | 62 | |
| | 450 | 285 ¹ | — | 10 ⁶ | | | | | | |
| | 450 | 270 ¹ | — | 10 ⁷ | | | | | | |
| | 450 | 265 ¹ | — | 10 ⁸ | | | | | | |
| | 550 | 270 ¹ | — | 10 ⁷ | | | | | | |
| | 580 | 240 ¹ | — | 10 ⁷ | | | | | | |

¹ Образцы гладкие.

² Образцы с надрезом, радиус в вершине надреза 0,75 мм.

15X12ВНМФ (ЭИ 802, ЭИ 952)

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
|-----|----------------------|-----------|-------------------|-------|---|-------------------|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | |
| [5] | Закалка | 1000 | Масло | 500 | — | — | 200 |
| | Отпуск | 680, 10 ч | Воздух | 550 | 250 | 200 | 100 |
| | | | | 575 | 240 | 200 | 80 |
| | | | | 580 | 180 | 160 | 70 |
| | | | | 600 | 140 | 130 | 50 |

Релаксационная стойкость

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ ₀ , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ _r , Н/мм ² , за время τ, ч | | | | | | |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------|------------------------------------|--|------|------|------|-------|-------|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 1000 | 3000 | 5000 | 10000 | 15000 | 20000 |
| [5] | ПС | | | 300 | 400 | 360 | 350 | 350 | 350 | 345 | — | — |
| | | | | 300 | 350 | 340 | 330 | 320 | 320 | 318 | — | — |
| | | | | 300 | 300 | 290 | 280 | 280 | 280 | 275 | — | — |
| | | | | 300 | 250 | 240 | 230 | 230 | 230 | 230 | — | — |
| | | | | 400 | 400 | 340 | 320 | 320 | 310 | 310 | — | — |
| | | | | 400 | 350 | 290 | 280 | 275 | 270 | 276 | — | — |
| | | | | 400 | 300 | 250 | 240 | 235 | 230 | 230 | — | — |
| | | | | 400 | 250 | 210 | 200 | 200 | 200 | 200 | — | — |
| | | | | 450 | 400 | 306 | 280 | 270 | 268 | 265 | — | — |
| | | | | 450 | 350 | 270 | 250 | 240 | 240 | 240 | 232 | 225 |
| | | | | 450 | 300 | 250 | 220 | 210 | 210 | 205 | 195 | 194 |
| | | | | 450 | 250 | 200 | 185 | 180 | 180 | 175 | 166 | 164 |
| | | | | 500 | 350 | 230 | — | 180 | 180 | 160 | 150 | 140 |
| | | | | 500 | 300 | 200 | — | 170 | 160 | 140 | 130 | 120 |
| | | | | 500 | 250 | 170 | — | 130 | 130 | 113 | 110 | 100 |
| 565 | 350 | 160 | 125 | 110 | 95 | 70 | — | — | | | | |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|---|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1230–900 | До 250 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | До 250 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение |
| Заготовка | 1230–900 | 251–400 | Отжиг низкотемпературный, два переохлаждения | 251–400 | Отжиг низкотемпературный, два переохлаждения |

Свариваемость

Обрабатываемость резанием

Температура критических точек, °C

| | | | | | |
|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы предварительный подогрев и последующая термообработка | В термообработанном состоянии при 230 НВ K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| | | 800–810 | 860–880 | — | — |

| | |
|---------------------------|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 20X12ВНМФ (ЭП 428) | Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Прутки и полосы — ГОСТ 18968–73. Заготовки лопаток — ОСТ 108.020.03–82, ОСТ 108.020.123–78. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78. |

| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | |
|---|--------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Cu |
| 0,17–0,23 | ≤ 0,60 | 0,50–0,90 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 10,5–12,5 | 0,50–0,90 | 0,50–0,70 | 0,15–0,30 | 0,70–1,10 | ≤ 0,30 |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|---------------------------------------|-----|-------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU ₂ , Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Отжиг или отпуск | ПС | | До 200 | — | — | — | — | — | — | ≤ 229 |
| | Закалка | 1010–1060 | Масло | До 200 | 590 | 740 | 15 | 50 | 59 | — | — |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух | | | | | | | | |

В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают:

- а) с травленой поверхностью;
- б) с нормированной чистотой стали по волосовинам, выявленным потребителем на готовых деталях визуально;
- в) с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;
- г) с проверкой длительной прочности стали;
- д) с проверкой механических свойств при повышенных температурах;
- е) с нормированием содержания газов в стали;
- ж) с контролем на излом;
- з) с механическими свойствами, повышенными или в более узких пределах по сравнению с указанными в таблице;
- и) с контролем на загрязненность стали неметаллическими включениями;
- к) с проверкой величины зерна.

Примечание

Нормы при испытаниях по подпунктам в, г, д, е, ж, з, и, к устанавливаются по согласованию потребителя с изготовителем.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU ₂ , Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|--------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|---------------------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18968–73 | Закалка | 1010–1060 | Масло | До 60 | 590–755 | 740 | 15 | 50 | 59 | — | 229–269 |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух | От 61 до 100 | 590–755 | 740 | 14 | 45 | 54 | — | 229–269 |

Для прутков и полос из стали марки 20X12ВНМФ–Ш число твердости должно быть не более 229 HB.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU ₂ , Дж/см ² | HB | КП |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|---------------------------------------|---------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Закалка | 1040–1060 | Масло | До 200 | Болты, шпильки, пробки и хомуты | | | | | | |
| | | | | | 667–784 | 784 | 15 | 45 | 59 | 241–285 | 685 |
| | | | | | Гайки | | | | | | |
| | | | | | — | — | — | — | — | 197–229 | — |
| Отпуск | 680–720 | Воздух | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Примечания.

1. Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
3. Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (HB) ниже твердости шпильки, болта.
4. Предельная температура среды для болтов, шпилек, пробок, хомутов и гаек до 560°C при условном давлении P_y (Н/мм²) не ограниченном; для шайб — до 580°C при условном давлении P_y (Н/мм²) не ограниченном.
5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше 10⁴/σ_b (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание б к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

20X12ВНМФ (ЭП 428)

Механические свойства

Релаксационная стойкость

| НД | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время t, ч | | | | | НВ | |
|----------------------|-------|-----------------------------------|--|------|------|------|-------|-----|-------|
| | | | 100 | 1000 | 3000 | 5000 | 10000 | | 20000 |
| ГОСТ 20700– 75 | 400 | 250 | 217 | 208 | 205 | 205 | (205) | — | 269 |
| | | 300 | 257 | 246 | 243 | 239 | (235) | — | |
| | | 350 | 298 | 286 | 280 | 279 | (275) | — | |
| | | 400 | 340 | 325 | 322 | 320 | (315) | — | |
| | 450 | 250 | 196 | 185 | 181 | 179 | 175 | 164 | 269 |
| | | 300 | 233 | 221 | 215 | 210 | 205 | 194 | |
| | | 350 | 270 | 254 | 247 | 244 | 240 | 225 | |
| | | 400 | 306 | 284 | 274 | 268 | 265 | — | |
| | 500 | 250 | 168 | — | 135 | 130 | 113 | 103 | 269 |
| | | 300 | 200 | — | 170 | 160 | 140 | 122 | |
| | | 350 | 230 | — | 188 | 180 | 160 | 144 | |
| | 565 | 250 | 160 | 125 | 110 | 95 | 70 | — | 269 |
| 300 ¹ | | 230 | 180 | 150 | 140 | 125 | — | | |
| | | 350 ¹ | 250 | 195 | 170 | 160 | 140 | — | |

¹ После повторных нагружений через 50–10000 ч.

В скобках даны экстраполированные значения.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, | σ_b , | δ , | ψ , | KCV, | НВ | КП | |
|----------------------|---------------------------------------|-----------|----------------------|----------------|----------|---------------------------------|-------------------|------------|----------|--------------------|----|---------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | Н/мм ² | Н/мм ² | % | % | Дж/см ² | | | |
| ГОСТ 23304– 78 | Закалка | 1040–1060 | Масло | До 220 | 20 | не менее или в пределах | | | | | | 241–285 | 685 |
| | | | | | | Болты и шпильки | | | | | | | |
| | Отпуск | 680–720 | Воздух | | 350 | 666–784 | 784 | 15 | 45 | 59 | — | — | |
| | | | | | | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | | |
| | 20 | 490–637 | 686 | | 15 | 50 | 59 | 197–229 | 490 | | | | |
| | | 350 | 343 | | — | — | — | — | — | — | | | |
| | Выпуклые и вогнутые сферические шайбы | | | | | | | | | | | | |
| | По ГОСТ 18968–73 | | | | | | | | | | | | |

Примечания.

1. Допускается изготавливать сферические шайбы по ГОСТ 18968–73.
2. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , ψ , KCV соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%.
3. Режимы отпуска и старения являются рекомендуемыми и могут назначаться по согласованию с головной материаловедческой организацией. Режимы закалки, нормализации и аустенитизации могут уточняться по согласованию с головной материаловедческой организацией.
4. На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футорки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.
5. Для крепежных деталей групп качества 0, 0a и 1 производить дополнительно определение ударной вязкости KCV на образцах типа 11 по ГОСТ 9454–78.
6. В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин.
Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более.
Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3a контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.
7. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 685; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 490; для сферических шайб выпуклых и вогнутых — по ГОСТ 18968–73.

| 20X12ВНМФ (ЭП 428) | | | | Механические свойства | | | | | | | |
|--------------------|----------------------|-------|-------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.020.03-82 | Закалка | 1060 | Масло | Замок до 60 | 568-755 | 735 | 15 | 40 | 59 | — | 229-269 |
| | Отпуск | 720 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1060 | Масло | Замок свыше 60 | 568-755 | 735 | 14 | 35 | 59 | — | 229-269 |
| | Отпуск | 720 | Воздух | | | | | | | | |
| ОСТ 108.020.123-78 | Закалка | 1060 | Масло | Замок до 60 | 666-813 | 784 | 13 | 40 | 39 | — | 241-286 |
| | Отпуск | 700 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1060 | Масло | Замок свыше 60 | 666-813 | 784 | 12 | 35 | 39 | — | 241-286 |
| | Отпуск | 700 | Воздух | | | | | | | | |

Назначение. Лопатки, диски, цельнокованные роторы, бандажы, диафрагмы, болты, гайки, шпильки и другие детали, работающие при температуре до 570°C. Болты, шпильки, гайки и плоские подкладные, сферические выпуклые и вогнутые шайбы для фланцевых соединений реакторов, парогенераторов, сосудов, корпусов насосов, арматуры, трубопроводов и соединительных частей, работающих при температуре от 0 до 350°C, для оборудования первого и второго контуров атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок с водо-водяными и графито-водяными (уран-графитовыми) реакторами, а также для фланцевых и анкерных соединений паровых котлов, трубопроводов и соединительных частей, паровых и газовых турбин, арматуры и других деталей с температурой среды от 0 до 650°C и водогрейных котлов с температурой воды свыше 115°C.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь жаропрочная мартенситного класса, обладает хорошей деформационной способностью и коррозионной стойкостью.

Сталь может выплавляться с применением ЭШП и ВДП.

Механические свойства в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ |
|--------|------------------------|---------|-------------------|-----------------------------|---------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [2, 4] | Образцы продольные | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1050 | Масло | Прутки \varnothing 40-120 | 20 | 700-730 | 830-870 | 15-18 | 55-59 | 93-116 | 255-271 |
| | | | | | 300 | 600-620 | 720-730 | 14-15 | 59-63 | 127-147 | — |
| | Отпуск | 700 | Воздух | Прутки \varnothing 40-120 | 400 | 570-590 | 670-680 | 13-14 | 55-62 | 137-147 | — |
| | | | | | 500 | 520-570 | 550-570 | 14-15 | 59-78 | 118-147 | — |
| | | | | | 550 | 450-470 | 500-520 | 18-19 | 70-79 | 127-137 | — |
| | | | | | 600 | 355-370 | 370-393 | 20-23 | 79-88 | 132-137 | — |
| | | | | | 650 | 275-345 | 295-340 | 26 | 87 | 152 | — |
| | | | | | 700 | — | — | — | — | — | — |
| | Образцы тангенциальные | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1050 | Масло | Диск \varnothing 750-1020 | 20 | 600-650 | 750-810 | 14-23 | 41-55 | — | 228-248 |
| | | | | | 100 | 580-610 | 720-760 | 16-18 | 45-53 | 78-137 | — |
| | Отпуск | 720 | Воздух | высота 300 | 200 | 540-570 | 690-710 | 13-17 | 37-54 | 88-147 | — |
| | | | | | 300 | 520-540 | 640-680 | 13-17 | 46-51 | — | — |
| 400 | | | | | 500-510 | 610-670 | 12-14 | 45-51 | — | — | |
| 500 | | | | | 440-460 | 510-530 | 15-19 | 52-61 | — | — | |
| 600 | 335-355 | 345-365 | 21-31 | 83-85 | — | — | | | | | |

20X12ВНМФ (ЭП 428)

Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_{B_s} , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 1000 | Масло | Образцы | 830 | 950 | 15 | 60 | 78 | 290 |
| | Отпуск | 650, 2 ч | Воздух | | | | | | | |
| | Отпуск | 700, 2 ч | Воздух | | | | | | | |
| | Отпуск | 750, 2 ч | Воздух | | | | | | | |
| | Отпуск | 650, 10 ч | Воздух | | | | | | | |
| | Отпуск | 700, 10 ч | Воздух | | | | | | | |
| | Отпуск | 750, 10 ч | Воздух | | | | | | | |

Предел выносливости, Н/мм² [1, 2]

Термообработка

Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч [2]

| σ_{-1} | τ_{-1} | N | Термообработка | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч [2] |
|---------------|-------------|-----------------|----------------|---|
| 314–412 | — | 10 ⁷ | | |

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
|-----------|----------------------|-------|-------------------|-------|---|-------------------|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | |
| [1, 3, 4] | Закалка | 1060 | Масло | 450 | — | — | 274 |
| | Отпуск | 720 | Воздух | 500 | 382 | 343 | — |
| | | | | 550 | — | — | 98–118 |
| | | | | 580 | — | — | 78 |
| | | | | 600 | 103 | 88 | 54 |

Релаксационная стойкость

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_τ , Н/мм ² , за время τ , ч | |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------|--------------------------------|---|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 1000 | 10000 |
| [2] | Закалка | 1060 | Масло | 450 | 245 | 181 | 172 |
| | Отпуск | 720 | Воздух | 450 | 294 | 217 | 201 |
| | | | | 450 | 343 | 249 | 235 |
| | | | | 500 | 245 | — | 111 |
| | | | | 500 | 294 | — | 137 |
| | | | | 500 | 343 | — | 157 |
| | | | | 565 | 343 | 123 | 69 |

Технологические характеристики [1, 2]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1230–900 | До 250 | Отжиг, одно переохлаждение | До 250 | Отжиг, одно переохлаждение |
| Заготовка | 1230–900 | 251–400 | Отжиг, два переохлаждения | 251–400 | Отжиг, два переохлаждения |

Свариваемость

Обработываемость резанием

Температура критических точек, °C

| | | | | | |
|---|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы предварительный подогрев и последующая термообработка | В состоянии после отпуска при 230 НВ и $\sigma_n = 750$ Н/мм ² $K_v = 1,1$ (твердый сплав), $K_v = 0,6$ (быстрорежущая сталь) | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| | | 800–810 | 860–880 | — | — |

| | |
|---|--|
| Марка стали | Вид поставки Листы — ТУ 5.961–11224–84. Трубы — ТУ 14–3–873–79. Поковки — ТУ 14–1–2761–79. |
| 05X12H2M, 05X12H2M–ВИ, 05X12H2M–ВД* | |

| Массовая доля элементов, %, по ТУ 5.961–11224–84 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
|--|-----------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| 0,02–0,06 | 0,10–0,40 | 0,20–0,30 | ≤ 0,020 | ≤ 0,015 | 11,0–12,0 | 1,20–1,60 | 0,80–1,00 | ≤ 0,05 | 705 | 770 | — | — | 320 | 120 |

| Гарантированные механические свойства | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [28, 29] | ПС | | | 100 | 20 | 372 | 539 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | | 450 | 304 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | 500 | 265 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | 550 | 245 | — | — | — | — | — | — |

Назначение. Трубы, парогенераторы и другие детали для реакторов БН.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 550°С (ПНАЭГ–7–008–89).

*Сталь применяется только для изделий, работающих в контакте с жидкометаллическим теплоносителем (РБН) (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь коррозионно-стойкая мартенситно-ферритного класса.

| Пределы длительной прочности | | | Коррозионная стойкость [28, 29] | | | | |
|------------------------------|-------|---|---------------------------------|--|-----------------------------|-----------------|----------------|
| НД | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | Вид коррозии | Среда | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости |
| | | | | | | | |
| [28, 29] | 450 | 176 | Точечная | Стендовые испытания натуральных труб из этой стали, имитирующие условия работы испарителя, проведенные в течение 5000 ч и испытания при термопульсациях показали более высокое сопротивление язвобразованию (в 5–10 раз) по сравнению со сталью 10X2M. Ее использование позволит увеличить ресурс парогенераторов в 2–3 раза | | | |
| | 500 | 108 | | | Коррозионное растрескивание | | |
| | 550 | 73 | Межкристаллитная | | | | |

| Технологические характеристики | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–780 | 250 | Отжиг с одним переохлаждением | 260–300 | Отжиг с двумя переохлаждениями |
| Заготовка | 1200–780 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием |
|----------------------------------|---|
| Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ | После закалки и отпуска при σ _в = 539 Н/мм ² K _v = 0,75 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|-------------------|--|---|--|----------------|--|-------------------------|-----------------------------|-----------------|----------|--------|--|
| 06X12H3Д | | Поковки — ОСТ 108.958.04–85, ТУ 108.1425–86, РД 24.035.101–88. Лист — ТУ 108.1425–86, РД 24.035.101–88. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.1425–86 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk | |
| ≤ 0,06 | ≤ 0,30 | ≤ 0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 12,0–13,5 | 2,80–3,20 | 0,50–1,10 | 620–650 | 780–810 | — | — | 290–310 | 80–120 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ТУ 108.1425–86 | Закалка | 950–970 | Воздух | До 300 | 590 | 690 | 12 | 35 | 59 | — | 207–293 | | | |
| | Закалка | 780–800 | Воздух | До 550 | 540 | 640 | 14 | 35 | 59 | — | 207–293 | | | |
| | Отпуск | 600–620 | Печь, воздух | До 550 | 540 | 640 | 14 | 35 | 59 | — | 207–293 | | | |
| | Закалка Отпуск Технологические отпуска | ПС | | До 550 | 490 | 590 | 14 | 35 | 59 | — | 207–293 | | | |
| ОСТ 108.958.04–85 | В состоянии поставки термообработанные | | | До 250 | 588 | 686 | 12 | 35 | 58 | — | 207–293 | | | |
| Назначение. Корпусы и другие детали насосов для АЭС; лопасти, ободы и другие детали гидротурбин, паровых турбин и дымососов. Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 350°С (ПНАЭГ–7–008–89). Сталь коррозионно-стойкая мартенситно-аустенитного класса. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Среда | Термообработка | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | – 80 | | | |
| 466 | — | 10 ⁷ | Воздух | Закалка 960°С + закалка 800°С + отпуск 580–600°С | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °С | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | | | |
| Общая | Борированная вода: 10 г/кг Н ₃ ВО ₃ , 0,02 г/кг КОН, 0,05 мг/кг Сl ⁻ | | | | 20 | 1000 | | 1 | | | | | | |
| | | | | | 100 | 1000 | | 1 | | | | | | |
| | | | | | 350 | 1000 | | 1 | | | | | | |
| Точечная | Борированная вода: 10 г/кг Н ₃ ВО ₃ , 0,02 г/кг КОН, 0,05 мг/кг Сl ⁻ | | | | 20 | 1750 | | Питтингов нет | | | | | | |
| | | | | | 100 | 1750 | | | | | | | | |
| | | | | | — | 1750 | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | 42% Mg Сl ₂ | | | | 154 | 24 | | Разрушение через 24 ч при напряжении выше σ _{0,2} | | | | | | |
| | | | | | Вода, содержащая 200 мг/кг Сl ⁻ , 0,3–6,0 мг/кг О ₂ | | 350 | 1100 | | Разрушение через 600–1100 ч | | | | |
| | | | | | Борированная вода: 10 г/кг Н ₃ ВО ₃ , 0,02 г/кг КОН, 0,05 мг/кг Сl ⁻ | | 350 | 2500 | | Разрушений нет | | | | |
| Межкристаллитная | | Проверка на склонность к МКК проводится по инструкции ИЦК 01–99, разработанной в ЦНИИТМАШ | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1220–800 | ПС | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1220–800 | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обработываемость резанием | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 207–293 НВ и σ _b = 590 Н/мм ² K _r = 1,3 (твердый сплав), K _r = 1,0 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|-------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|------|--------------------|-------------------------|--|---------|---------|--|
| 10X12H3M2ФА(Ш), 10X12H3M2ФА-А(Ш) | | Поковки — ТУ 24.11.015-90. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | N | Марка стали | | | | | | | |
| 0,08-0,12 | ≤ 0,30 | ≤ 0,60 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | ≤ 0,05 | 10X12H3M2ФА(Ш) по ТУ 24.11.015-90 | | | | | | | |
| Al | Cr | Ni | Mo | V | | | | | | | | | |
| ≤ 0,05 | 11,0-12,5 | 2,50-2,90 | 1,45-1,75 | 0,20-0,35 | 10X12H3M2ФА-А(Ш) по спецзаказу | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | | | | | | | N | | |
| 0,08-0,15 | ≤ 0,05 | ≤ 0,05 | ≤ 0,004 | ≤ 0,005 | ≤ 0,06 | 645-670 | | | | | | | |
| Al | Cr | Ni | Mo | V | | | | | | | | | |
| ≤ 0,02 | 11,5-12,25 | 2,50-3,00 | 1,50-2,00 | 0,25-0,40 | 825-845 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | — | | |
| | | | | | | — | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 250-280 | |
| | | | | | | 70-110 | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _n , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 24.11.015-90 ¹ | Закалка | 1040-1060 | Масло | 400 | 780-950 | 885 | 15 | 45 | 59 | — | 285 | | |
| | Отпуск | 560-580 | Печь | | | | | | | | | | |
| ТУ 24.11.015-90 ² | Закалка | 1040-1060 | Масло | 400 | 828-1000 | 1035-1138 | 15 | 45 | 128 | — | 321-352 | | |
| | Отпуск | 530 | Печь | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 550 | Печь | | | | | | | | | | |
| ¹ Сталь 10X12H3M2ФА(Ш). | | | | | | | | | | | | | |
| ² Сталь 10X12H3M2ФА-А(Ш). | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Диски и другие заготовки роторов паровых и газовых турбин. | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая мартенситного класса. | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | | | | | | | | | | |
| Среда | | t, °С | | Скорость коррозии, мм/год | | | | База испытаний, ч | | | | | |
| O ₂ - 15,7% H ₂ O - 4,3% CO ₂ - 3,4% SO ₂ - 0,03% N ₂ - остальное | | 400 | | 0,0068 | | | | 3000 | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °С | | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | Аэрируемая водопроводная вода | | 50 | | 2000 | | 1 | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | | |
| Вязкость разрушения, K _{IC} | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С | | | | Термообработка | | | | | |
| МПа·м ^{1/2} / Н/мм ^{3/2} | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | |
| 150 / 4743 | | Закалка 1050°С. Отпуск 570°С. | | 83 | — | — | 55 | — | 27 | Закалка 1050°С, отпуск 575°С. | | | |
| | | | | 175 | — | 146 | 127 | 74 | 60 | Закалка 1050°С, отпуск 530°С, отпуск 550°С. | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | | Температурный интервал ковки, °С | | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| Слиток | | 1160-900 | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Заготовка | | 1180-850 | | — | | — | | — | | — | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | В закаленном и отпущенном состоянии при 285 HB и σ _n = 885 Н/мм ² K _v = 0,55 (твердый сплав), K _v = 0,28 (быстрорежущая сталь) | | | | — | | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | Не склонна | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | |
| 37Х12Н8Г8МФБ (ЭИ 481) | | Сортовой прокат — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72 | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb | V | Cu |
| 0,34-0,40 | 0,30-0,80 | 7,50-9,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,035 | 11,5-13,5 | 7,00-9,00 | 1,10-1,40 | 0,25-0,45 | 1,25-1,55 | ≤ 0,30 |

| | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|---------|---------|
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [П] | Закалка | 1130-1150 | Вода | До 100 | 600 | 850 | 15 | 20 | 25 | — | — |
| | Старение I | 660-680, 12-14 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Старение II | 770-800, 10-12 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1140-1160 | Вода | До 90 | 500 | 750 | 20 | 25 | — | — | 241-286 |
| | Старение I | 700-720, 5 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Старение II | 850-870, 5 ч | Воздух | | | | | | | | |
| Закалка | 1140-1160 | Вода | До 90 | 600 | 850 | 15 | 20 | — | — | 275-309 | |
| Старение I | 670, 12-14 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| Старение II | 770-800, 10-12 ч | Воздух | | | | | | | | | |

Назначение. Диски, лопатки, крепеж и другие детали для газовых турбин, работающие с ограниченным сроком службы при температуре при 600-650°C.

Сталь жаропрочная аустенитного класса.

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------|--|-------------|-----|-----|-----|------|------|------|--|
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Технологическая пластичность деформированного металла с открытой выплавки, KCU, Дж/см ² , при t, °C [5] | | | | | | | | Термообработка |
| | | | σ_{-1} | τ_{-1} | 20 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1150 | |
| 421 | — | — | 186 | 141 | 130 | 131 | 191 | 171 | 166 | 146 | Образцы сечением 90×90. Нормализация 1050°C |

| | | | | | | | |
|-------------|-------------------------------------|---|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| t, °C | $\sigma_{стат}$, Н/мм ² | Предел выносливости, σ_{-1} , Н/мм ² , при симметричном и ассиметричном циклах нагружения N [5] | | | | | |
| | | 10 ⁵ | 10 ⁶ | 10 ⁷ | 3,5·10 ⁷ | 3,5·10 ⁷ | 10 ⁸ |
| 650 | 250 | — | — | — | 200 | 145 | — |
| 650 | 0 | — | 345 | 330 | — | — | 320 |
| 650 | 100 | — | 265 | 230 | — | — | 220 |
| 650 | 150 | 250 | 210 | 180 | — | — | 170 |
| 650 | 250 | 260 | 230 | 190 | 150 | 110 | 145 |
| 700 | 250 | — | — | — | 130 | — | — |
| Тип образца | | Гладкий | Гладкий | Гладкий | Гладкий | С надрезом | Гладкий |

| 37X12Н8Г8МФБ (ЭИ 481) | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|-------------------|---|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Закалка Старение Старение | 1140, 1,5–2,5 ч 670, 12–16 ч 780, 12–16 ч | Вода | Прутки 20 и 90 Образцы продоль- ные | 20 | 600 | 940 | 16 | 24 | 320 | 275 |
| | | | | | 200 | 550 | 770 | 15 | 37 | — | |
| | | | | | 300 | 530 | 750 | 12 | 36 | — | |
| | | | | | 400 | 500 | 730 | 15 | 36 | — | |
| | | | | | 450 | 490 | 720 | 11 | 23 | 70 | |
| | | | | | 500 | 490 | 680 | 13 | 32 | 70 | |
| | | | | | 550 | 480 | 660 | 12 | 36 | 75 | |
| | | | | | 600 | 460 | 600 | 10 | 36 | 50 | |
| | | | | | 650 | 430 | 560 | 11 | 34 | 50 | |
| | | | | | 700 | 380 | 500 | 10 | 23 | 70 | |
| | 750 | 330 | 420 | 10 | 22 | 80 | | | | | |
| | Закалка Старение Старение Старение Старение | 1150, 1,75 ч 660, 16 ч 790, 15 ч 710, 10 ч 820, 6–10 ч | Вода | Диски | 20 | 600 | 940 | 16 | 36 | 350 | 278 |
| | | | | | 200 | 540 | 770 | 15 | 37 | — | |
| | | | | | 300 | 520 | 740 | 14 | 36 | — | |
| | | | | | 350 | 500 | 730 | 14 | 37 | — | |
| | | | | | 400 | 500 | 730 | 15 | 36 | — | |
| | | | | | 450 | 500 | 720 | 13 | 38 | — | |
| | | | | | 500 | 490 | 680 | 13 | 37 | — | |
| | | | | | 550 | 490 | 660 | 12 | 37 | — | |
| | | | | | 600 | 450 | 600 | 12 | 38 | 500 | |
| | | | | | 650 | 430 | 560 | 12 | 48 | 500 | |
| | 700 | 380 | 500 | 13 | 37 | — | | | | | |
| | 750 | 330 | 420 | 15 | 44 | — | | | | | |
| | Закалка Старение Старение | 1140–1150 670, 16 ч 720, 12 ч | Вода | Диски | 20 | 930 | 1120 | 10 | 32 | — | 354 |
| | | | | | 200 | 840 | 980 | 9 | 36 | — | |
| | | | | | 300 | 825 | 950 | 8 | 31 | — | |
| | | | | | 400 | 800 | 915 | 9 | 24 | — | |
| 500 | | | | | 725 | 850 | 9 | 30 | — | | |
| 550 | | | | | 725 | 820 | 7 | 37 | — | | |
| 600 | | | | | 660 | 730 | 6 | 28 | — | | |
| 650 | | | | | 645 | 730 | 5 | 18 | — | | |
| 700 | 540 | 640 | — | — | — | | | | | | |

| Механические свойства при различных температурах после длительного старения | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------------------|-------------|----------------|------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|----|----|----|-----|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ, ч | | | | | | | | | | | |
| [5] | | | | | | | | не менее | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 550 | 1000 | 20 | 740 | 1020 | | 19 | 22 | 350 | — |
| | | | | | | | | 550 | 1000 | 650 | 520 | 610 | | 13 | 34 | — | — |
| | | | | | | | | 550 | 5000 | 20 | 700 | 1030 | | 19 | 30 | 380 | — |
| | | | | | | | | 550 | 5000 | 650 | 500 | 570 | | 10 | 31 | — | — |
| | | | | | | | | 550 | 10000 | 20 | 770 | 1030 | | 18 | 28 | 350 | — |
| | | | | | | | | 550 | 10000 | 650 | 550 | 620 | | 9 | 35 | — | — |
| | | | | | | | | 600 | 1000 | 20 | 730 | 1020 | | 21 | 31 | 330 | — |
| | | | | | | | | 600 | 1000 | 650 | 550 | 610 | | 13 | 33 | — | — |
| | | | | | | | | 600 | 5000 | 20 | 700 | 1000 | | 25 | 28 | 350 | — |
| | | | | | | | | 600 | 5000 | 650 | 500 | 580 | | 15 | 38 | — | — |
| | | | | | | | | 600 | 10000 | 20 | 610 | 950 | | 25 | 29 | 350 | — |
| | | | | | | | | 600 | 10000 | 650 | 420 | 540 | | 15 | 41 | — | — |
| | | | | | | | | 650 | 1000 | 20 | 650 | 970 | | 21 | 29 | 400 | — |
| | | | | | | | | 650 | 1000 | 650 | 490 | 570 | | 16 | 41 | — | — |
| | | | | | | | | 650 | 5000 | 20 | 510 | 900 | | 25 | 30 | 350 | — |
| | | | | | | | | 650 | 5000 | 650 | 400 | 520 | | 13 | 41 | — | — |
| | | | | | | | | 650 | 10000 | 20 | 410 | 810 | | 25 | 29 | 350 | — |
| | | | | | | | | 650 | 10000 | 650 | 320 | 450 | | 15 | 35 | — | — |
| | | | | | | | | 700 | 1000 | 20 | 580 | 900 | | 27 | 36 | 420 | — |
| 700 | 1000 | 650 | 410 | 510 | 15 | 42 | — | — | | | | | | | | | |
| 700 | 5000 | 20 | 460 | 830 | 24 | 30 | 300 | — | | | | | | | | | |
| 700 | 5000 | 650 | 290 | 450 | 16 | 43 | — | — | | | | | | | | | |

37X12H8Г8МФБ (ЭИ 481)

Пределы длительной прочности и ползучести [5]

| t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | |
|-------|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---|--------------------------|---------------------|
| | 1·10 ² | 2·10 ² | 1·10 ³ | 5·10 ³ | 1·10 ⁴ | 1·10 ³ | 5·10 ³ | 1·10 ⁴ | 0,2/10 ² | 0,2/(2·10 ²) | 0,1/10 ⁴ |
| 400 | 700 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 500 | 650 | 600 | — | — | — | — | — | — | 250 | — | — |
| 550 | — | — | 440 | 400 | 390 | — | — | — | — | — | 380 |
| 600 | 450 | 430 | 340 | 310 | 300 | 280 ¹ | 255 ¹ | 240 ¹ | 220 | 210 | 340 |
| 650 | 370 | 320 | 250 | 220 | 210 | 210 ¹ | 210 ¹ | 170 ¹ | 175 | 170 | 240 |
| 700 | 310 | 280 | 230 | 190 | 180 | — | — | — | 158 | 155 | 165 |
| 750 | 220 | 200 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

¹ Образцы с надрезом. R_n = 0,2–0,55 мм.

Прутки — продольные образцы, диски — тангенциальные образцы.

Жаростойкость [5]

| Среда | t, °C | База испытаний, ч | Скорость окисления, мм/год | Привес массы, г/(м ² ·ч) | Глубина окисления, мм | Группа стойкости |
|---|---------|-------------------------|----------------------------------|---|--------------------------|---------------------|
| | | | | | за 1 год | |
| Вакуумная среда | 700–750 | — | — | — | — | Устойчива |
| | 700 | — | — | 0,06 | — | — |
| Газовая смесь: 75% N ₂ + 17,5% O ₂ + 4% CO + 0,5% SO ₂ + 6% H ₂ O | — | — | — | — | 0,36–0,57 | — |
| Воздушная среда | 700–750 | — | — | — | — | Устойчива |
| | 700 | — | — | 0,06 | — | — |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1170–850 | До 350 | На воздухе | До 350 | На воздухе |
| Заготовка | 1220–950 | | | | |

Свариваемость

Трудно свариваемая.
Способы сварки: РД, РАД, ЭШ и КТ.
Рекомендуется последующая термообработка

Обрабатываемость резанием

В термообработанном состоянии при 269 НВ
K_v = 0,4 (твердый сплав),
K_v = 0,2 (быстрорежущая сталь)

| Марка стали | Вид поставки |
|-------------------------|---|
| 08X13 (0X13, ЭИ 496) | Лист тонкий — ГОСТ 5582-75, ТУ 14-1-3620-83. Сортовой прокат — ГОСТ 5949-75. Лист толстый — ГОСТ 7350-77. Трубы — ГОСТ 9940-81, ГОСТ 9941-81. Прутки — ГОСТ 18907-73, ГОСТ 18968-73. Прутки фасонные — ГОСТ 19442-74. Поковки — ГОСТ 25054-81, ОСТ 108.958.04-85. Заготовки лопаток турбин — ОСТ 108.020.03-82, ОСТ 108.020.123-78. Трубная заготовка — ТУ 14-1-565-84. |

| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72 | | | | | | Температура критических точек, °С [1] | | | |
|---|--------|--------|---------|---------|-----------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,80 | ≤ 0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 12,0-14,0 | 730 | 850 | 700 | 820 |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------|---------------------------|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582-75 | Отжиг или отпуск | 740-780 | С печью, масло или воздух | х/к прокат 0,7-3,9 | — | 410 | 21 | — | — | — | — |
| | | | | г/к прокат 1,5-3,9 | — | 410 | 21 | — | — | — | — |

Примечания.
 Допускается для горячекатаного проката не производить термическую обработку при получении механических свойств, указанных в таблице.
 Прокат подразделяют по состоянию материала на: холоднокатаный (х/к) нагартованный — Н1; х/к полунагартованный — ПН1; х/к термически обработанный (мягкий), травленный или после светлого отжига — М2а, М3а, М4а; х/к термически обработанный (мягкий) — М4в; горячекатаный (г/к) термически обработанный (мягкий), травленный или после светлого отжига — М2б, М3б, М4б; г/к, термически обработанный (мягкий) — М4г.
 По точности прокатки на: повышенной точности — АТ (х/к), А — (г/к), нормальной точности — БТ (х/к), Б (г/к).
 Макроструктура стали не должна иметь следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений, трещин и пузырей, что обеспечивается технологией изготовления.
 Механические свойства проката после умягчающей термообработки должны соответствовать нормам таблицы.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949-75 | Закалка | 1000-1050 | Масло | До 60 ¹ | 410 | 590 | 20 | 60 | 98 | — | 116-179 |
| | Отпуск | 700-800 | Масло | | | | | | | | |

¹ Для сечения диаметром или толщиной свыше 60 до 100 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %, KCU на 4,9 Дж/см² при норме менее 78,4 Дж/см² и на 9,8 Дж/см² при норме 78,4 Дж/см² и более. Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм — δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. %, KCU на 9,8 Дж/см² при норме менее 78,4 Дж/см² и на 14,7 Дж/см² при норме 78,4 Дж/см² и более. Свойства стали диаметром и стороной квадрата более 100 мм допускается проверять на перекованных пробах.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|------------------------------|----------|--------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350-77 | Отжиг по режиму изготовителя | | | г/к | 250 | ≤ 650 | 15 | — | — | — | — |
| | Закалка | 960-1020 | Вода или воздух | | 295 | 420 | 23 | — | — | — | — |
| | Отпуск | 680-780 | Воздух или с печью | | 4-50 | | | | | | |

Примечания.
 1. Отжиг листов из стали проводят по требованию потребителя.
 2. В листах не должно быть следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений и пузырей.
 3. Механические свойства термически обработанных листов должны соответствовать нормам, указанным в таблице выше.
 4. Для горячекатаных листов из стали разрешается не производить термическую обработку при получении механических свойств в соответствии с требованиями таблицы.
 5. Для горячекатаных листов толщиной 4 мм из стали нормы σ_{0,2} устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем.
 6. Для листов без термообработки механические свойства не определяются.
 7. С обязательным выполнением УЗК (Примечание 20 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|--|-------|-------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 9940-81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ø 57-325 s 3,5-32 | — | 372 | 22 | — | — | — | — |

Примечания.
 1. Содержание серы (S) в стали, предназначенной для изготовления труб, подлежащих сварке, не должно превышать 0,020%.
 2. Механические свойства труб должны соответствовать нормам, указанным в таблице выше.
 3. Только для трубопроводов группы С с обязательным выполнением УЗК (Примечание 21 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

08X13 (0X13, ЭИ 496)

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-----------------|--|-------|----------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 9941–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 5–273 s 0,2–22 | — | 372 | 22 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Содержание серы (S) в стали, предназначенной для изготовления труб, подлежащих сварке, не должно превышать 0,020%.
2. Механические свойства труб должны соответствовать нормам, указанным в таблице выше.
3. Только для трубопроводов группы С с обязательным выполнением УЗК (Примечание 21 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCV, Дж/см ² | HRC | НВ |
|----------------------|-----------------------------|-----------|----------------------|--------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18968– 73 | Нормализация или закалка | 1000–1050 | Вода | До 60 ² | 410 | 580 | 20 | 60 | 98 | — | 187–217 |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух | | | | | | | | |

² Для сечения диаметром или толщиной 61–100 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %, а также понижение КCU на 4,9 Дж/см² при норме менее 78,4 Дж/см² и на 9,8 Дж/см² при норме 78,4 Дж/см² и более.

Механические свойства прутков и полос диаметром более 100 мм определяются на заготовках диаметром или толщиной 90–100 мм.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|----------------------|----------------------|-----------|----------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 19442– 74 | Закалка | 1000–1050 | Масло или вода | Фасонные прутки и прутки для связи лопаток До 60 ³ | — | 588 | 20 | — | — | — | 187–217 |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух | | | | | | | | |

³ Для прутков толщиной более 60 мм допускается снижение относительного удлинения (δ) на 1%.

Механические свойства прутков при испытаниях цилиндрических образцов

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|----------------------|----------------------|-----------|----------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 19442– 74 | Закалка | 1000–1050 | Вода или масло | До 60 | 411 | 588 | 20 | 60 | 98 | — | 187–217 |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух | | | | | | | | |

Примечания.

1. При толщине прутков более 60 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. % по сравнению с указанными в таблице, а также КCU на 4,9 Дж/см² при норме менее 78,4 Дж/см² и на 9,8 Дж/см² при норме 78,4 Дж/см² и более.

2. Нормы на ударную вязкость распространяются только на фасонные прутки для лопаток с наибольшей толщиной профиля 12 мм и более.

Нормы на твердость распространяются на все фасонные прутки для лопаток и на прутки для связи лопаток с наибольшей шириной (диаметром) более 10 мм.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|----------------------|----------------------|-----------|----------------------|------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------|----------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 25054– 81 | Закалка | 1000–1050 | Масло | До 200 | 392 | 539 | 17 | 50 | 83 | — | 187–229 |
| | | | | Свыше 200 до 500 | 392 | 539 | 16 | 40 | 69 | — | |
| | | | | Отпуск | 700–780 | Масло | Свыше 500 до 1000 | 392 | 539 | 14 | |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------------------|----------------------|-------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.020. 03–82 | Закалка | 1000 | Масло | Замок до 60 ⁴ | 411 | 588 | 20 | 60 | 98 | — | 187–217 |
| | Отпуск | 720 | Воздух | | | | | | | | |

⁴ Для заготовок лопаток с толщиной замковой части более 60 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. % от табличного значения и КCU на 9,8 Дж/см² при норме 68,6 Дж/см² и более.

| 08X13 (0X13, ЭИ 496) | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|--|---|-------|--------------------------------------|--|-----------------------|---------|-------------------------|---------|---------|---|
| Назначение. Лопатки паровых турбин, клапаны, болты, трубы с длительным сроком службы при температурах до 500°C, бандажки, а также другие изделия, для которых требуется сопротивление окислению до 800°C. Коррозионно-стойкий крепеж для гидротурбин. Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 300°C (ПНАЭГ-7-008-89). Сталь коррозионно-стойкая и жаростойкая ферритного класса. | | | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности | | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [4] | | | Термообработка | | | | | | |
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | - 20 | - 40 | - 60 | | | | | | | |
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | | | | | | | | | | |
| [4] | 500 550 600 | 121 62 31 | — 45 — | 60–110 | 40–70 | 10–50 | Лист сечением 20 мм. Закалка 1000–1020°C, вода. Отпуск 680–700°C, 12 ч, воздух | | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах испытаний | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 1000–1020 | Вода | Лист 20 | 20 | не менее или в пределах | | | | | | | |
| | | 680–700, 12 ч | Воздух | | | Образцы поперечные | | | | | | | |
| | Отпуск | | | | | | 275–350 | 460–510 | 25–37 | 73–80 | 235–323 | 148–156 | |
| | | | | | | | 275–295 | 430 | 28–29 | 77–79 | 353 | — | |
| | | | | | | | 200 | 245–275 | 400–420 | 27–29 | 75–78 | 333–372 | — |
| | | | | | | | 300 | 235–275 | 380–400 | 22–27 | 73–77 | 333–363 | — |
| | | | | | | | 400 | 215–255 | 340–370 | 23–26 | 71–79 | 343–363 | — |
| | | | | | | | 450 | 195–245 | 310–320 | 23–30 | 72–77 | 323–343 | — |
| | | | | | | | 500 | 185–225 | 215–285 | 26–37 | 73–84 | 294–323 | — |
| | | | | | | 600 | 145–165 | 165–180 | 34–45 | 87–89 | 245–265 | — | |
| Отжиг | 680–780 | Воздух или с печью | Пруток 20 | 20 | 285 | 480 | 36 | 84 | 295 | — | | | |
| | | | | 400 | 210 | 350 | 30 | 82 | — | — | | | |
| | | | | 500 | 160 | 290 | 40 | 85 | — | — | | | |
| | | | | 500 | 160 | 290 | 40 | 85 | — | — | | | |
| | | | | 600 | 105 | 170 | 51 | 92 | — | — | | | |
| Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Тепловая выдержка | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ, ч | | | | | | | | |
| [4] | Лист. | | | Без тепловой выдержки | | не менее или в пределах | | | | | | | |
| | Закалка | 1000–1020 | | | | 314–353 | 500–510 | 29–31 | 73–75 | 235–284 | — | | |
| | Отпуск | 680–700, 12 ч | | 450 | 5000 | 310 | 490 | 35 | 74 | 227 | — | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч [1] | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | | | |
| 1,0 | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | Окалиностойкая до температуры 800°C | | | | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 245–285 | | | | | | | | | | | |
| 5000 | 450 | 225 | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1, 7] | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | По коррозионным свойствам близка к стали 12X13. Для повышения коррозионной стойкости и пластичности сварного соединения рекомендуется деталь подвергать термообработке по режиму: нагрев до 960–1000°C, охлаждение на воздухе, отпуск при 680–720°C, или только отпуск при 680–720°C | | | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | Проверка на склонность к МКК по ГОСТ 6032–2003 не предусмотрена | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1100–800 | До 300 | | В штабелях на воздухе | | До 300 | | В штабелях на воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1100–800 | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. Подогрев и термообработка применяются в зависимости от метода сварки, вида и назначения конструкции | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 149–159 НВ и σ _b = 588 Н/мм ² K _v = 1,4 (твердый сплав), K _v = 0,7 (быстрорежущая сталь) | | | | — | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | Склонна при температурах 400–500°C | | | | | | | | | | |

| | |
|-------------------------|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 12X13 (1X13) | Лента — ГОСТ 4986–79. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–2186–77, ТУ 14–1–3620–83. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Трубы — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81. Проволока — ГОСТ 18143–72. Прутки — ГОСТ 18907–73, ГОСТ 18968–73, ГОСТ 19442–74. Поковки — ГОСТ 25054–81, ОСТ 108.958.04–85. Заготовки лопаток турбин — ОСТ 108.020.03–82, ОСТ 108.020.123–78. Трубная заготовка — ТУ 14–1–565–84. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

Температура критических точек, °С [1]

| | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|---------|---------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn [4] |
| 0,09–0,15 | ≤ 0,8 | ≤ 0,8 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 12,0–14,0 | 730 | 850 | 700 | 820 | 370 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ_4 , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|---------|---------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4986–79 | Отжиг или отпуск | 740–800 | С печью, масло или воздух | 0,05–0,2 | — | 440 | 9 | — | — | — | — |
| | | | | 0,2–2,0 | — | 440 | 17 | — | — | — | — |

Лента подразделяется по виду обработки: мягкая — М, полунагартованная — ПН, нагартованная — Н, высоконагартованная — ВН.

Механические свойства мягкой ленты должны соответствовать нормам, указанным в таблице для толщины 0,2–2,0 и ≤ 0,2 мм.

Механические свойства ПН, Н, ВН ленты должны устанавливаться по согласованию с потребителем.

По требованию потребителя ленту изготавливают мягкую с испытанием на изгиб до параллельности сторон вокруг оправки толщиной равной толщине ленты.

По требованию потребителя для лент из стали толщиной 0,5 мм и менее допускается снижение относительного удлинения на 2%.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|---------|---------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Отжиг или отпуск | 740–780 | С печью, масло или воздух | х/к | — | 440 | 21 | — | — | — | — |
| | | | | 0,7–3,9 г/к | | | | | | | |

Примечания.

Допускается для горячекатаного проката не производить термическую обработку при получении механических свойств, указанных в таблице.

Прокат подразделяют по состоянию материала на: холоднокатаный (х/к) нагартованный — Н1; х/к полунагартованный — ПН1; х/к термически обработанный (мягкий), травленный или после светлого отжига — М2а, М3а, М4а; х/к термически обработанный (мягкий) — М4в; горячекатаный (г/к) термически обработанный (мягкий), травленный или после светлого отжига — М2б, М3б, М4б; г/к, термически обработанный (мягкий) — М4г.

По точности прокатки на: повышенной точности — АТ (х/к), А — (г/к), нормальной точности — БТ (х/к), Б (г/к).

Макроструктура стали не должна иметь следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений, трещин и пузырей, что обеспечивается технологией изготовления.

Механические свойства проката после умягчающей термообработки должны соответствовать нормам таблицы.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1000–1050 | Воздух или масло | До 60 ¹ | 410 | 590 | 20 | 60 | 88 | — | 121–197 |
| | Отпуск | 700–790 | Воздух | | | | | | | | |

¹ Для сечения диаметром или толщиной свыше 60 до 100 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %, KCU на 4,9 Дж/см² при норме менее 78,4 Дж/см² и на 9,8 Дж/см² при норме 78,4 Дж/см² и более. Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм — δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. %, KCU на 9,8 Дж/см² при норме менее 78,4 Дж/см² и на 14,7 Дж/см² при норме 78,4 Дж/см² и более.

Свойства стали диаметром и стороной квадрата более 100 мм допускается проверять на перекованных пробах.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|------------------------------|----------|--------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350–77 | Отжиг по режиму изготовителя | | | г/к 4–5 | 250 | ≤ 650 | 15 | — | — | — | — |
| | Закалка | 960–1020 | Воздух | | 345 | 490 | 21 | — | — | — | — |
| | Отпуск | 680–780 | Воздух или с печью | | х/к 4–5 | — | — | — | — | — | — |

Примечания.

1. Отжиг листов из стали проводят по требованию потребителя.

2. В листах не должно быть следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений и пузырей.

3. Механические свойства термически обработанных листов должны соответствовать нормам, указанным в таблице выше.

4. Для горячекатаных листов из стали разрешается не производить термическую обработку при получении механических свойств в соответствии с требованиями таблицы.

5. Для горячекатаных листов толщиной 4 мм из стали нормы $\sigma_{0,2}$ устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем.

6. Для листов без термообработки механические свойства не определяются.

| 12X13 (1X13) | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|--------------|--|---|-------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 9940-81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 57-325 s 3,5-32 | — | 392 | 21 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Содержание S в стали, предназначенной для изготовления труб, подлежащих сварке, не должно превышать 0,020%.
2. Механические свойства труб должны соответствовать нормам, указанным в таблице выше.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|--|-------|-------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 9941-81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 5-273 s 0,2-22 | — | 392 | 22 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Содержание S в стали, предназначенной для изготовления труб, подлежащих сварке, не должно превышать 0,020%.
2. Механические свойства труб должны соответствовать нормам, указанным в таблице выше.

| НД | Режим термообработки | | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|--|-------|-------------------|-------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | Класс | | | | | | | | |
| ГОСТ 18143-72 | В состоянии поставки термообработанная | | | | 1 класс | — | 490-740 | 20 | — | — | — | — |
| | | | | | 2 класс | | | | | | | |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|--------------------------------------|-------|-------------------|---------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18907-73 | Термообработка на заданную прочность | | | ϕ 1,0-30 | — | 490-780 | 16 | — | — | — | 121-187 |

Макроструктура стали должна быть без следов усадочной раковины, расслоения, инородных включений, свищей и трещин.

По требованию потребителя прутки изготавливают:

- а) с суженными пределами норм механических свойств термически обработанных прутков;
- б) с испытанием нагартованных прутков на растяжение;
- в) для прутков диаметром 10 мм и более определяется твердость и указывается в документе о качестве.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|--------------------------|-----------|-------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18968-73 | Нормализация или закалка | 1000-1050 | Воздух или масло | До 60 ² | 440-610 | 620 | 20 | 60 | 78 | — | 192-229 |
| | Отпуск | 660-770 | Воздух | | 540-705 | 670 | 16 | 60 | 59 | — | 207-241 |

² Для сечения диаметром или толщиной 61-100 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %, а также понижение KCU на 4,9 Дж/см² при норме менее 78,4 Дж/см² и на 9,8 Дж/см² при норме 78,4 Дж/см² и более.

Механические свойства прутков и полос диаметром более 100 мм определяются на заготовках диаметром или толщиной 90-100 мм.

Прутки и полосы из стали с $\sigma_{0,2} = 540-705$ Н/мм² поставляются по согласованию изготовителя с потребителем.

Нормы механических свойств для них не являются браковочными, результаты испытаний заносят в документ о качестве. При отсутствии записи в заказе прутки и полосы из стали изготавливают с нормами механических свойств для категории прочности с $\sigma_{0,2} = 440-610$ Н/мм².

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 19442-74 | Закалка | 1000-1050 | Воздух или масло | Фасонные прутки и прутки для связи лопаток До 60 ³ | — | 617-784 | 20 | — | — | — | 187-229 |
| | Отпуск | 660-770 | Воздух | | | | | | | | |

³ Для прутков толщиной более 60 мм допускается снижение относительного удлинения (δ) на 1%.

| 12X13 (1X13) | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| Механические свойства прутков при испытаниях цилиндрических образцов | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 19442-74 | Закалка | 1000-1050 | Воздух или масло | До 60 | 441-607 | 617 | 20 | 60 | 78 | — | 187-229 |
| | Отпуск | 660-770 | Воздух | | | | | | | | |

Примечания.

1. При толщине прутков более 60 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. % по сравнению с указанными в таблице, а также КСУ на 4,9 Дж/см² при норме менее 78,4 Дж/см² и на 9,8 Дж/см² при норме 78,4 Дж/см² и более.

2. Нормы на ударную вязкость распространяются только на фасонные прутки для лопаток с наибольшей толщиной профиля 12 мм и более.

Нормы на твердость распространяются на все фасонные прутки для лопаток и на прутки для связи лопаток с наибольшей шириной (диаметром) более 10 мм.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 25054-81 | Закалка | 1000-1050 | Масло | До 200 | 392 | 617 | 18 | 50 | 74 | — | 187-229 |
| | | | | Свыше 200 до 500 | 392 | 617 | 16 | 44 | 59 | — | |
| | Отпуск | 700-790 | Воздух | Свыше 500 до 1000 | 392 | 617 | 15 | 40 | 49 | — | |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-------------------|----------------------|-------|-------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.020.03-82 | Закалка | 1030 | Масло | Замок до 60 ⁴ | 441-637 | 617 | 20 | 60 | 78 | — | 192-229 |
| | Отпуск | 720 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1030 | Масло | | | | | | | | |
| | Отпуск | 670 | Воздух | | | | | | | | |

⁴ Для заготовок лопаток с толщиной замковой части более 60 мм, допускается снижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. % от табличного значения и КСУ на 9,8 Дж/см² при норме 68,6 Дж/см² и более.

Назначение. Турбинные лопатки, направляющие лопатки, бандажи, скрепляющая проволока, детали, работающие в условиях коррозии, трубы и другие детали, работающие при температуре 450-500°C; детали, работающие в атмосферных условиях, речной и водопроводной воде, влажном паре, водных растворах солей и других слабоагрессивных средах; детали с повышенной пластичностью, подвергающиеся ударным нагрузкам.

Коррозионно-стойкие крепежные изделия для гидротурбин.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 300°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная мартенситно-ферритного класса.

| НД | Предел выносливости, Н/мм ² | | | | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [4] | | | Термообработка |
|------|--|----------------|----------------|-------------|-----------------|--|---|-----|--------|--|
| | σ_{-1} | σ_{-1b} | σ_{-1z} | τ_{-1} | N | | +20 | -20 | -40 | |
| [4] | 363 | — | — | — | 10 ⁷ | $\sigma_b = 590$ Н/мм ² | 108-216 | 138 | 98-127 | Закалка 990-1050°C, масло. Отпуск 740-750°C |
| | — | — | — | 186 | 10 ⁷ | $\sigma_b = 640$ Н/мм ² | | | | |
| [36] | — | ≥ 220 | ≥ 170 | ≥ 190 | — | Состав: 0,13% C; 14% Cr; 0,2% Ni. $\sigma_b = 650$ Н/мм ² | 108-216 | 138 | 98-127 | Закалка 990-1050°C, масло. Отпуск 740-750°C |
| | — | 430 | — | — | — | Состав: 0,10% C; 12,5% Cr; 0,2% Ni. $\sigma_b = 720$ Н/мм ² | | | | |

σ_{-1b} — предел усталости при симметричном растяжении – сжатии.

σ_{-1z} — предел усталости при симметричном изгибе.

Механические свойства при различных температурах испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|----------------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка Отпуск | 1030-1050 680-700 | Масло Воздух | Прутки | 20 | 570-590 | 700-730 | 19-22 | 66-68 | 137-167 | — |
| | | | | | 200 | 530-550 | 650-660 | 17 | 67 | 186-216 | — |
| | | | | | 300 | 510-550 | 600-650 | 14-16 | 66-69 | 176-245 | — |
| | | | | | 400 | 460-490 | 570 | 13-15 | 64-67 | 176-225 | — |
| | | | | | 500 | 440-470 | 520-540 | 15-18 | 70 | 186-245 | — |
| | | | | | 600 | 310-410 | 330-450 | 20-27 | 79-85 | 186-265 | — |

| 12X13 (1X13) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--------------------------------|---|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|--|-------------------|-------------------------|----|---|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | | |
| [36] | Закалка | 1030–1050 | Масло | | 20 | Образцы продольные | | | | | | | | |
| | Отпуск | | | | | 750 | 410 | 610 | 22 | 60 | 110 | — | | |
| | | | 370 | | | 540 | 16 | 60 | — | — | | | | |
| | | | 370 | | | 500 | 16 | 58 | 200 | — | | | | |
| | | | 280 | | | 370 | 18 | 64 | 240 | — | | | | |
| | | | 180 | | | 230 | 18 | 70 | 220 | — | | | | |
| Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{отп.} , °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| [4] | Закалка | 960 | Воздух | Прутки | 250 | 930 | 1270 | 15 | 60 | — | 360–380 | | | |
| | | | | | 540 | 780 | 980 | 20 | 65 | — | 260–350 | | | |
| | | | | | 600 | 620 | 780 | 22 | 65 | — | 210–250 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства прутков при 20°C в зависимости от тепловой выдержки | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Тепловая выдержка | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | | не менее или в пределах | | |
| [4] | Закалка | 1000–1050 | Масло | 450 | 5000 | 430 | 630 | 24 | 71 | 181 | — | | | |
| | | | | 500 | 5000 | 420 | 610 | 24 | 71 | 78–206 | — | | | |
| | | | | Отпуск | 750 | Воздух | 500 | 10000 | 390 | 610 | 22 | 63 | 83 | — |
| | | | | | | | 500 | 20000 | 370 | 610 | 20 | 52 | — | — |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ² | 3·10 ² | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | |
| [4] | | ПС | | 400 | — | — | — | — | — | — | 121 | | | |
| | | | | 450 | — | — | — | 441 | 216 | — | 103 | | | |
| | | | | 500 | — | — | — | 142 | 118 | 93 | 56 | | | |
| | Закалка | 1050 | Воздух | 480 | 40 | 39 | 35 | 30 | — | — | — | | | |
| | | | | Отпуск | 720 | 450 | 24 | 21 | 18 | 14 | — | — | — | |
| | | | | | | 600 | 17 | 14 | 11 | 7 | — | — | — | |
| [36] | Закалка | 1030–1050 | Масло | 400 | — | — | — | — | — | — | 120 | | | |
| | | | | 450 | — | — | — | — | — | — | 100 | | | |
| | | | | Отпуск | 750 | — | — | — | — | — | 95 | 60 | | |
| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_τ , Н/мм ² , за время τ , ч | | | | | | НВ | | | | | |
| | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 5000 | 10000 | | | | | | |
| [36] | 400 | 300 | 230 | 190 | 190 | 180 | 80 | 160 | — | | | | | |
| | 400 | 200 | 170 | 150 | 150 | 140 | 140 | 120 | — | | | | | |
| | 450 | 300 | 170 | 150 | 140 | 130 | 120 | 100 | — | | | | | |
| | 450 | 200 | 130 | 110 | 110 | 100 | 90 | 70 | — | | | | | |
| | 450 | 250 | 150 | 130 | 120 | 110 | 110 | 90 | — | | | | | |

| 12X13 (1X13) | | | | | | |
|---|-------|-------------------------|-------------------------------------|-------|---------------------------|-------------------------------------|
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10^4 ч [1, 2] | | | Жаростойкость [1, 4, 36] | | | |
| 1,0 | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | Группа стойкости или балл |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1, 2] | | | Воздух | 600 | 0,02 | 4 |
| Время, ч | t, °C | KCU, Дж/см ² | | 800 | 0,45 | 6 |
| Исходное состояние | | 108–137 | | 900 | 1,50 | Малостойкая |
| 5000 | 470 | 108 | Окалиностойкая до температуры 750°C | | | |
| | | | Среда | t, °C | База испытаний, ч | Потеря массы, г/(м ² ·ч) |
| 10000 | 500 | 88 | Воздух | 800 | 200 | 0,5 |
| | | | | 900 | 200 | 1,5 |
| | | | | 1000 | 200 | 14 |
| 5000 | 530 | 108 | | 1100 | 200 | 24 |
| | | | | 1200 | 200 | 50 |
| Устойчива против окисления в воздушной среде при температуре до 800°C | | | | | | |
| При длительном сроке службы до 650°C | | | | | | |

| Коррозионная стойкость [1, 36] | | | | |
|--------------------------------|--|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
| Общая | Вода деминерализованная | 300 | 1000 | 1 |
| | Речная, водопроводная вода | — | 3000 | 1–2 |
| | Железо азотнокислое всех концентраций | 20–t _{крит} | — | 1 |
| Точечная | Морская вода | — | 13000 | 3 |
| Коррозионное растрескивание | Вода, насыщенная воздухом | 150 | Разрушение через 335–1345 ч | Напряжение 275 Н/мм ² |
| Межкристаллитная | Проверка по ГОСТ 6032–2003 не предусмотрена. | | | |

Для повышения коррозионной стойкости рекомендуется термообработка по режиму: закалка с 950–1000°C в масле или на воздухе, отпуск при 650–700°C или применять полировку деталей.

Хорошая коррозионная стойкость во влажном воздухе, речной и водопроводной воде, паре, некоторых органических кислотах, растворах многих солей и щелочей, азотной кислоте при комнатной температуре. Удовлетворительная в морской воде. Неудовлетворительная в соляной, серной, плавиковой кислотах и почти во всех солях этих кислот (за исключением NaCl).

| Технологические характеристики [1] | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1100–800 | До 50 | На воздухе | До 100 | На воздухе |
| Заготовка | 1100–800 | 51–350 | В ямах | 101–350 | В ямах |

| Свариваемость | Обработываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД и КТ. Подогрев и последующая термообработка применяются в зависимости от метода сварки, вида и назначения конструкции | В закаленном и отпущенном состоянии при 235 НВ и $\sigma_b = 735$ Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| Марка стали | Вид поставки |
|-----------------|--|
| 20X13 (2X13) | Лента — ГОСТ 4986–79. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–2186–77. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75, ТУ 108.11.853–87. Проволока — ГОСТ 18143–72. Прутки — ГОСТ 18907–73, ГОСТ 18968–73, ГОСТ 19442–74, ТУ 14–1–5038–91. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78, ТУ 26–0610–003–82. Поковки — ГОСТ 25054–81, ОСТ 108.958.04–85, ТУ 108.17.1050–78. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Заготовки лопаток турбин — ОСТ 108.020.03–82, ОСТ 108.020.123–78. Профили фасонные — ТУ 14–1–1271–75. Трубная заготовка — ТУ 14–1–565–84. |

| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | Температура критических точек, °C [1, 4] | | | | |
|---|--------|--------|---------|---------|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,16–0,25 | ≤ 0,80 | ≤ 0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 12,0–14,0 | 810 | 900 | 660 | 710 | 320 |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4986–79 | Отжиг или отпуск | 740–800 | | 0,05–0,2 | — | 490 | 8 | — | — | — | — |
| | | | | 0,2–2,0 | — | 490 | 16 | — | — | — | — |

Лента подразделяется по виду обработки: мягкая — М, полунагартованная — ПН, нагартованная — Н, высоконагартованная — ВН. Механические свойства мягкой ленты должны соответствовать нормам, указанным в таблице для толщины 0,2–2,0 и ≤ 0,2 мм. Механические свойства ПН, Н, ВН ленты должны устанавливаться по согласованию с потребителем. По требованию потребителя ленту изготавливают мягкую с испытанием на изгиб до параллельности сторон вокруг оправки толщиной равной толщине ленты.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|---------|---------------------------|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Отжиг или отпуск | 740–780 | С печью, масло или воздух | х/к прокат 0,7–3,9 | — | 490 | 20 | — | — | — | — |
| | | | | г/к прокат 1,5–3,9 | — | 490 | 20 | — | — | — | — |

Примечания.
 Допускается для горячекатаного проката не производить термическую обработку при получении механических свойств, указанных в таблице.
 Прокат подразделяют по состоянию материала на: холоднокатаный (х/к) нагартованный — Н1; х/к полунагартованный — ПН1; х/к термически обработанный (мягкий), травленный или после светлого отжига — М2а, М3а, М4а; х/к термически обработанный (мягкий) — М4в; горячекатаный (г/к) термически обработанный (мягкий), травленный или после светлого отжига — М2б, М3б, М4б; г/к, термически обработанный (мягкий) — М4г.
 По точности прокатки на: повышенной точности — АТ (х/к), А — (г/к), нормальной точности — БТ (х/к), Б (г/к).
 Макроструктура стали не должна иметь следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений, трещин и пузырей, что обеспечивается технологией изготовления.
 Механические свойства проката после умягчающей термообработки должны соответствовать нормам таблицы.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|------------------|------------------------|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Отжиг или отпуск | 740–780 | С печью | До 60 ¹ | Не определяются | | | | | — | 126–197 |
| | Закалка | 1000–1050 | Воздух или масло | До 60 ¹ | 440 | 650 | 16 | 55 | 78 | — | 126–197 |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух, масло или вода | | | | | | | | |
| | Закалка | 1000–1050 | Воздух или масло | До 60 ¹ | 635 | 830 | 10 | 50 | 59 | — | 126–197 |
| Отпуск | 600–700 | Воздух или масло | | | | | | | | | |

¹ Для сечения диаметром или толщиной свыше 60 до 100 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %, KCU на 4,9 Дж/см² при нормe менее 78,4 Дж/см² и на 9,8 Дж/см² при нормe 78,4 Дж/см² и более. Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм — δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. %, KCU на 9,8 Дж/см² при нормe менее 78,4 Дж/см² и на 14,7 Дж/см² при нормe 78,4 Дж/см² и более. Свойства стали диаметром и стороной квадрата более 100 мм допускается проверять на перекованных пробах.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|------------------------------|-----------|--------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350–77 | Нормализация или закалка | 1000–1050 | Воздух | г/к 4–50 | ≥ 375 | ≥ 510 | ≥ 20 | — | — | — | — |
| | Отпуск | 680–780 | С печью или воздух | х/к 4–5 | | | | | | | |
| | Отжиг по режиму изготовителя | | | | — | — | ≤ 750 | — | — | — | — |

20X13 (2X13)

Механические свойства при комнатной температуре

Примечания.

1. Для проверки качества листов их отбирают:

для испытания на растяжение, определение ударной вязкости, величины зерна и шероховатости поверхности — один лист от партии; для определения загрязненности стали неметаллическими включениями — по ГОСТ 1778–70;

для проверки химического состава — по ГОСТ 7565–81.

Для проверки механических свойств, загрязненности неметаллическими включениями и величины зерна допускается от партии, состоящей из листов разной толщины и одного режима термообработки, отбирать лист наибольшей толщины.

Отбор проб для механических испытаний производят по ГОСТ 7564–97 поперек направления прокатки.

Ударную вязкость определяют только для листов толщиной 11 мм и более по ГОСТ 9454–78 на образцах типа I.

2. С обязательным выполнением УЗК по п. 2.13 (Примечание 20 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|----------------------|-----------------------|-------|----------------------|---------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | Класс | | | | | | | | |
| ГОСТ 18143– 72 | В состоянии поставки: | | | | | — | 540–780 | 20 | — | — | — | — |
| | ----- | | | | | | | | | | | |
| | термообработанная | | | | | | | | | | | |
| | | | 1 класс | 1,0–6,0 | — | 540–780 | 20 | — | — | — | — | — |
| | | | 2 класс | 1,0–6,0 | — | 540–780 | 14 | — | — | — | — | — |
| | холоднотянутая | | | | 1,0–6,0 | — | 980–1320 | — | — | — | — | — |

Термически обработанная проволока изготавливается оксидированной.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
|----------------------|------------------------|-------|----------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 18907– 73 | В отожженном состоянии | | | ø 5 и более | Не определяются | | | | | | — | 126–197 |
| | Термообработанные | | | 1,0–3,0 | — | 510–780 | 14 | — | — | — | — | — |
| | | | | 4,0–8,0 | — | 666–784 | 16 | — | — | — | — | — |
| | | | | 8 и более | — | 666 | 16 | — | — | — | — | — |

Макроструктура стали должна быть без следов усадочной раковины, расслоения, инородных включений, свищей и трещин.

По требованию потребителя прутки изготавливают:

а) с суженными пределами норм механических свойств термически обработанных прутков;

б) с испытанием нагартованных прутков на растяжение;

в) для прутков диаметром 10 мм и более определяется твердость и указывается в документе о качестве.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
|----------------------|-----------------------------|-----------|----------------------|--------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18968– 73 | Нормализация или закалка | 1000–1050 | Воздух или масло | До 60 ² | 490–655 | 670 | 18 | 50 | 69 | — | 207–241 |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух | | | | | | | | |

² Для сечения диаметром или толщиной 61–100 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %, а также понижение КCU на 4,9 Дж/см² при норме менее 78,4 Дж/см² и на 9,8 Дж/см² при норме 78,4 Дж/см² и более.

Механические свойства прутков и полос диаметром или толщиной более 100 мм определяются на заготовках диаметром или толщиной 90–100 мм.

Прутки и полосы диаметром менее 16 мм и толщиной менее 12 мм, изготовленные из стали с полной термообработкой, взамен испытаний на относительное сужение и ударную вязкость подвергают испытанию на изгиб на 180° в холодном состоянии. В месте изгиба не должно быть следов трещин, надрывов и расслоений.

Механические свойства при испытании фасонных прутков для лопаток и прутков для связи лопаток

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|----------------------|----------------------|-----------|----------------------|--------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 19442– 74 | Закалка | 1000–1050 | Воздух или масло | До 60 ³ | — | 617–784 | 18 | — | — | — | 207–241 |
| | Отпуск | 660–770 | Воздух | До 60 ³ | — | 833–980 ⁴ | 15 | — | — | — | 255–302 |

³ Для прутков толщиной более 60 мм допускается снижение относительного удлинения на 1 абс. %.При испытаниях образцов с расчетной длиной 100 мм и прутков с $\ell_0 = 11,3 \cdot \sqrt{F_0}$ (где F_0 — фактическое сечение профиля) допускается понижение относительного удлинения при норме 16% и более на 4 абс. %, при норме 13–15% на 2 абс. %.⁴ Для стали марки 20X13, 20X13–Ш с пределами прочности 833–980 Н/мм² нормы распространяются только на прутки для связи лопаток.

| 20X13 (2X13) | | Механические свойства | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|---------|---------|-----|
| Механические свойства прутков при испытаниях цилиндрических образцов | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19442-74 | Закалка | 1000-1050 | Воздух или масло | До 60 ⁵ | 490-656 | 666 | 18 | 50 | 69 | — | 207-241 | | |
| | Отпуск | 660-770 | Воздух | До 60 ⁵ | 686-882 ⁶ | 833 | 15 | 50 | — | — | 255-302 | | |
| ⁵ Нормы распространяются на прутки с наибольшей толщиной до 60 мм. При толщине прутков более 60 мм допускается понижение δ на 1 абс. % и ψ на 5 абс. % по сравнению с указанными в таблице, а также ударной вязкости на 4,9 Дж/см ² при норме менее 78,4 Дж/см ² и на 9,8 Дж/см ² при норме 78,4 Дж/см ² и более. Нормы на ударную вязкость распространяются только на фасонные прутки для лопаток с наибольшей толщиной профиля 12 мм и более. Нормы на твердость распространяются на все фасонные прутки для лопаток и на прутки для связи лопаток и на прутки для связи лопаток с наибольшей шириной (диаметром) более 10 мм. ⁶ Нормы для стали марки 20X13 с пределом текучести 686-882 Н/мм ² распространяются только на прутки для связи лопаток. | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700-75 | Закалка | 1000-1050 | Воздух или масло | Не регламентируется | Болты, шпильки, пробки и хомуты ⁷ | | | | | | | | |
| | | | | | 588-735 | 784 | 15 | 45 | 58,8 | 229-285 | 590 | | |
| | Отпуск | 650-720 | Воздух | | 539-686 | 686 | 15 | 50 | 58,8 | 217-269 | 540 | | |
| | | | | | Гайки ⁸ | | | | | | | | |
| | | | | | — | — | — | — | — | 217-269 | — | | |
| ⁷ Температура среды до 450°C, условное давление P _y (Н/мм ²) не ограничено. ⁸ Температура среды до 510°C, условное давление P _y (Н/мм ²) не ограничено. Температура среды для шайб до 450°C, условное давление P _y (Н/мм ²) не ограничено. | | | | | | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок. 2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C. 3. Допускается выполнение комплектов «шпилька-гайка», «болт-гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта. Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23304-78 | Закалка | 1000-1050 | Воздух или масло | До 200 | | Болты и шпильки | | | | | | | |
| | | | | | | 20 | 539-686 | 686 | 15 | 50 | 59 | 187-269 | 540 |
| | | | | | | 350 | 392 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | 20 | 588-735 | 784 | 15 | 45 | 59 | 229-285 | 590 |
| | Отпуск | 650-720 | Воздух | До 200 | | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | | |
| | | | | | | 20 | 539-686 | 686 | 15 | 50 | 59 | 187-269 | 540 |
| | | | | | | 350 | 392 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | 20 | 588-735 | 784 | 15 | 45 | 59 | 229-285 | 590 |
| | | | | | 350 | 441 | — | — | — | — | — | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Допускается изготавливать сферические шайбы из стали по ГОСТ 18968-73. 2. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм, указанных в таблице для $\sigma_{0,2}$, $\sigma_{в}$, δ , ψ , КСУ соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%. 3. Для крепежных деталей групп качества 0, 0a и 1 производить дополнительно определение ударной вязкости KCV на образцах типа 11 по ГОСТ 9454-78. 4. На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футурки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям. 5. В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин. Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более. Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3a контролируют детали диаметром резьбы М24 и более. 6. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 540, КП 590; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 540, КП 590. | | | | | | | | | | | | | |

| 20X13 (2X13) | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 25054-81 | Закалка | 1000-1050 | Воздух или масло | До 200 | 441 | 647 | 16 | 50 | 64 | — | 197-248 |
| | | | | Свыше 200 до 500 | 441 | 647 | 15 | 45 | 49 | — | |
| | Отпуск | 660-770 | Воздух | Свыше 500 до 1000 | 441 | 647 | 14 | 40 | 39 | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.020.03-82 | Закалка | 1080 | Масло | До 60 ⁹ | 490-657 | 666 | 18 | 50 | 69 | — | 207-241 |
| | Отпуск | 720 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1060 | Масло | До 60 ⁹ | 568-755 | 755 | 14 | 50 | 59 | — | 229-269 |
| | Отпуск | 670 | Воздух | | | | | | | | |

⁹ Для заготовок лопаток с толщиной замковой части более 60 мм, допускается снижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %, КCU на 9,8 Дж/см².

В случае невозможности изготовления продольных образцов определение механических свойств проводится на поперечных образцах. Допускается при этом понижение значения δ на 3 абс. %, ψ на 20 абс. %, ударной вязкости на 19,6 Дж/см².

Испытание на ударную вязкость заготовок лопаток сечением менее 13 мм не производится, при этом дополнительной сдаточной характеристикой является твердость.

При значении предела текучести выше 784 Н/мм² обязательным является контроль вязкой составляющей в изломе ударных образцов, количество волокнистой составляющей должно быть не менее 20%.

Назначение. Лопатки паровых турбин, клапаны гидравлических прессов, тарелки и седла клапанов, поршневые кольца и другие детали, подвергающиеся ударным нагрузкам и работающие при температуре до 450-500°C; изделия, подвергающиеся воздействию слабоагрессивных сред. Крепежные детали (болты, шпильки, гайки и шайбы) для фланцевых соединений АЭУ, а также для фланцевых и анкерных соединений паровых котлов, трубопроводов и других деталей.

Облицовка проточной части радиально-осевых и поворотных лопастных турбин, камеры рабочих колес, облицовка лопастей, цапф, лопаток направляющего аппарата и шеек валов с подшипниками на водной смазке.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 300°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь может выплавляться с применением ЭСП и ВДП.

Сталь коррозионно-стойкая мартенситного класса.

Предел выносливости, Н/мм² [1-4]

| t, °C | Вид образца | | | | N | Термообработка |
|-------|---------------|-------------|---------------|-------------|-------------------|---|
| | Гладкий | | С надрезом | | | |
| | σ_{-1} | τ_{-1} | σ_{-1} | τ_{-1} | | |
| 20 | 368 | — | 235 | — | 5·10 ⁷ | Закалка 1030-1050, масло Отпуск 700, 3 ч, воздух |
| 200 | 343 | — | 216 | — | 5·10 ⁷ | |
| 300 | 319 | — | 196 | — | 5·10 ⁷ | |
| 400 | 304 | — | 167 | — | 5·10 ⁷ | |
| 500 | 235 | — | 127 | — | 5·10 ⁷ | |

Механические свойства в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ |
|--------|------------------------|----------------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1, 2] | Нормализация Отпуск | 1000-1020 730-750 | Воздух Воздух | Образцы | -40 | — | — | — | — | 50 | — |
| | | | | | -20 | — | — | — | — | 59 | — |
| | | | | | 20 | 510 | 715 | 21 | 66 | 64-171 | 187-217 |
| | | | | | 300 | 392 | 539 | 18 | 66 | 196 | — |
| | | | | | 400 | 392 | 519 | 16,5 | 58,5 | 196 | — |
| | | | | | 450 | 372 | 480 | 17,5 | 57 | 235 | — |
| | | | | | 475 | 412 | 480 | 24,5 | 71 | — | — |
| | | | | | 500 | 353 | 431 | 32,5 | 75 | 245 | — |
| | | | | | 550 | 274 | 343 | 36,5 | 83 | 216 | — |

| 20X13 (2X13) | | Механические свойства в зависимости от температуры отпуска | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--|-------------------|-------------------------|---|------------------------------------|---|------------------------------------|--|-------------------------|------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $t_{\text{отп}}$, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| [4] | Закалка | 1050 | Воздух | 14 | 200 | 1300 | 1600 | 13 | 50 | 81 | 45 | | |
| | | | | | 300 | 1270 | 1460 | 14 | 57 | 98 | 41 | | |
| | | | | | 450 | 1330 | 1510 | 15 | 57 | 71 | 44 | | |
| | | | | | 500 | 1300 | 1510 | 19 | 54 | 75 | 45 | | |
| | | | | | 600 | 920 | 1020 | 14 | 60 | 71 | 28 | | |
| | | | | | 700 | 650 | 780 | 18 | 64 | 102 | 20 | | |
| Механические свойства при 20°C после старения при различных температурах и времени выдержки | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | $t_{\text{ст}}$, °C | τ , ч | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| [3, 4] | Нормализация Отпуск | 1000–1020 | Воздух | Воздух | 500 | 5000 | 500 | 690 | 20 | 62 | 108 | — | |
| | | | | | 500 | 10000 | 420 | 670 | 23 | 65 | 118 | — | |
| | | | | | 550 | 1000 | 450 | 690 | 26 | 65 | — | — | |
| | | 730–750 | 550 | | 10000 | 440 | 660 | 24 | 63 | 108 | — | | |
| | | | 600 | | 3000 | 450 | 660 | 21 | 60 | 78 | — | | |
| | | | 600 | | 10000 | 380 | 630 | 23 | 63 | 147 | — | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ² | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁵ | | | | |
| [1–4] | Нормализация Отпуск | 1030–1050 | Масло | 450 | 392 | 343 | 294 | 255 | 125 | | | | |
| | | | | 470 | — | — | — | — | 75 | | | | |
| | | 700, 3 ч | Воздух | 500 | 284 | 265 | 191 | 157 | 47 | | | | |
| | | | | 550 | — | — | 103 | 75 | 29 | | | | |
| [5] | Закалка | 1000–1020 | Воздух | 450 | 400 | 350 | 300 | 260 | 128 | | | | |
| | | | | 475 | — | — | — | — | 76 | | | | |
| | Отпуск | 720–750 | Воздух | 500 | 290 | 270 | 195 | 160 | 48 | | | | |
| | | | | 530 | — | — | 105 | 76 | — | | | | |
| 550 | — | — | — | — | 30 | | | | | | | | |
| При испытании на длительную прочность при 450°C в течение 3000 ч относительное удлинение составило 16%, при 470°C в течение 1500 ч — 23%, при 500°C в течение 1500 ч — 21%. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства стали при различных температурах после испытания на ползучесть | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Испытание на ползучесть | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | σ , Н/мм ² | τ , ч | | | | | | | |
| [5] | Закалка | 1000–1020 | Воздух | — | — | — | 20 | 520 | 720 | 21 | 65 | — | — |
| | | | | — | — | — | 450 | 380 | 495 | 18 | 57 | — | — |
| | Отжиг | 730–750 | Воздух | 450 | 150 | 2100 | 20 | 560 | 730 | 20 | 62 | 93 | — |
| | | | | 450 | 184 | 2350 | 450 | 430 | 520 | 17 | 61 | — | — |

| 20X13 (2X13) | | Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------------|-----------------------------|------|-------------------|------|-------------------------|--|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_t , Н/мм ² , за время t, ч | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 | | |
| [1-3, 5] | Закалка | 1000-1050 | Масло | 400 | 350 | 250 | 230 | 220 | 200 | 195 | 195 | | |
| | Отпуск | 660-670 | Воздух | 400 | 300 | 230 | 210 | 200 | 180 | 175 | 170 | | |
| | | | | 400 | 250 | 180 | 170 | 170 | 160 | 160 | 160 | | |
| | | | | 400 | 200 | 140 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | | |
| | | | | 450 | 350 | 170 | 150 | 130 | 125 | 120 | 115 | | |
| | | | | 450 | 300 | 160 | 130 | 115 | 110 | 100 | 95 | | |
| | | | | 450 | 250 | 120 | 110 | 100 | 90 | 85 | 80 | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч [2] | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | | | |
| 1,0 | | | | Среда | | t, °C | | Скорость коррозии, мм/год | | База испытаний, ч | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [2] | | | | Окалиностойкая до температуры 700°C | | | | | | | | | |
| Время, ч | | t, °C | | | | | | | | | | КСУ, Дж/см ² | |
| Исходное состояние | | 78 | | | | | | | | | | | |
| 10000 | | 550 | | | | | | | | | | 108 | |
| 1000 | | 600 | | | | | | | | | | 147 | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | |
| [1] | Общая | | Деминерализованная вода | | 300 | 3000 | | 1 | | | | | |
| | Точечная | | Морская вода | | — | 13000 | | 3 | | | | | |
| | Коррозионное растрескивание | | Вода, насыщенная воздухом, напряжение 275 Н/мм ² | | 150 | | | Разрушение через 335-1345 ч | | | | | |
| | Межкристаллитная | | Проверка по ГОСТ 6032-2003 не предусмотрена | | | | | | | | | | |
| НД | Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | | Глубина, мм/год | | | | | |
| [4] | Общая | | Вода дистиллированная или пар | | 100 | — | | 0,1 | | | | | |
| | | | Вода почвенная | | 20 | — | | 1,0 | | | | | |
| | | | Морская вода | | 20 | 720 | | 0 | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка [1, 2] | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1250-850 | До 150 | На воздухе | | До 150 | На воздухе | | | | | | | |
| Заготовка | 1250-850 | 151-400 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | 151-400 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | | | |
| Свариваемость [1, 2] | | | Обрабатываемость резанием [1, 2] | | | | Флокеночувствительность [4] | | | | | | |
| Ограниченная свариваемость. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Подогрев и последующая термообработка применяются в зависимости от метода сварки, вида и назначения конструкции | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 241 НВ и $\sigma_b = 640$ Н/мм ² K _v = 0,70 (твердый сплав), K _v = 0,45 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости [4] | | | | | | |
| | | | | | | | Склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|--|---------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|--------|--------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| 30X13 (3X13) | | Лента — ГОСТ 4986-79. Лист тонкий — ГОСТ 5582-75, ТУ 14-1-2186-77, ТУ 14-1-3620-83. Сортовой прокат — ГОСТ 5949-75, ТУ 108.11.853-87. Проволока — ГОСТ 18143-72. Прутки — ГОСТ 18907-73. Поковки — ГОСТ 25054-81, ОСТ 95-10-72, ОСТ 108.958.04-85. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cu | Cr | Ti | Ni | НД | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,26-0,35 | ≤ 0,80 | ≤ 0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | ≤ 0,30 | 12,0-14,0 | ≤ 0,20 | ≤ 0,60 | ГОСТ 5632-72 | 810 | 860 | 660 | 710 |
| 0,25-0,34 | ≤ 0,60 | ≤ 0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | ≤ 0,30 | 12,0-14,0 | ≤ 0,20 | ≤ 0,50 | ТУ 14-1-2186-77 | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 4986-79 | Отжиг или отпуск | 740-800 | С печью, масло или воздух | толщина 0,05-2,0 ширина от 6 до 410 | — | 540 | 15 | — | — | — | — | | |
| | | | | толщина ≤ 0,2 | — | 540 | 8 | — | — | — | — | | |
| | | | | толщина 0,2-2,0 | — | 540 | 15 | — | — | — | — | — | |
| Лента подразделяется по виду обработки: мягкая — М, полунагартованная — ПН, нагартованная — Н, высоконагартованная — ВН. Механические свойства мягкой ленты должны соответствовать нормам, указанным в таблице для толщины 0,2-2,0 и ≤ 0,2 мм. Механические свойства ПН, Н, ВН ленты должны устанавливаться по согласованию с потребителем. По требованию потребителя ленту изготавливают мягкую с испытанием на изгиб до параллельности сторон вокруг оправки толщиной, равной толщине ленты. | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 5582-75 | Отжиг или отпуск | 740-780 | С печью, масло или воздух | х/к прокат 0,7-3,9 | — | 540 | 17 | — | — | — | — | | |
| | | | | г/к прокат 1,5-3,9 | — | 540 | 17 | — | — | — | — | | |
| Допускается для горячекатаного проката не производить термическую обработку при получении механических свойств, указанных в таблице. Прокат подразделяют по состоянию материала на: холоднокатаный (х/к) нагартованный — Н1; х/к полунагартованный — ПН1; х/к термически обработанный (мягкий), травленный или после светлого отжига — М2а, М3а, М4а; х/к термически обработанный (мягкий) — М4в; горячекатаный (г/к) термически обработанный (мягкий), травленный или после светлого отжига — М2б, М3б, М4б; г/к, термически обработанный (мягкий) — М4г. По точности прокатки на: повышенной точности — АТ (х/к), А — (г/к), нормальной точности — БТ (х/к), Б (г/к). | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | |
| ГОСТ 5949-75 | Отжиг | 740-780 | С печью | | — | — | — | — | — | — | — | 131-217 | |
| | Закалка | 950-1050 | Масло | до 200 | Не определяются | | | | | | ≥ 48 | — | |
| | Отпуск | 200-300 | Воздух или масло | | | | | | | | | | |
| | Нормализация или закалка | 1000-1020 | Воздух или масло | до 70 | 784 | 931 | 10 | 35 | 25 | — | 285-321 | | |
| | | | | 71-100 | 686-784 | 833 | 12 | 40 | 34 | — | 269-302 | | |
| Отпуск | 600-650 | Воздух | 101-150 | 539 | 784 | 12 | 45 | 54 | — | 241-277 | | | |

| 30X13 (3X13) | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | |
|---------------|--|---|-------------------|-------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | Класс | | | | | | | | |
| ГОСТ 18143-72 | В состоянии поставки термообработанная | | | | 1 класс | 1,0–6,0 | — | 590–830 | 16 | — | — | — |
| | | | | | 2 класс | 1,0–6,0 | — | 590–830 | 12 | — | — | — |

Прутки изготовляют в нагартованном состоянии — Н, в термически обработанном состоянии: отожженном — Т, на заданную прочность — ТП.

Механические свойства прутков, обработанных на заданную прочность (ТП), должны соответствовать требованиям, указанным в таблице.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|---|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18907-73 | В отожженном состоянии | | | ø 5 и более | Не определяются | | | | | — | 131–217 |
| | Обработанные на заданную прочность (ТП) | | | ø 1,0–30 | — | 530–780 | 12 | — | — | — | — |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------|-------------------------|-----|---------|----|----|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 25054-81 | | | | До 200 | 588 | 735 | 12 | 40 | 39 | — | 235–277 | | | |
| | | | | Закалка | 1000–1050 | Масло | Свыше 200 до 500 | 588 | 735 | 11 | | 38 | 34 | — |
| | | | | Отпуск | 700–750 | Воздух | Свыше 500 до 1000 | 588 | 735 | 10 | | 35 | 29 | — |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------------------------|------------------------|---------------|---------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 95-10-72 | Закалка (нормализация) | 950–1050 | Масло, воздух | До 200 | — | — | — | — | — | 26–33 | 277–331 |
| | Отпуск | 600–680 | Масло, воздух | | | | | | | | |
| | Закалка (нормализация) | 950–1050 | Масло, воздух | До 200 | — | — | — | — | — | 45–53 | — |
| | Отпуск | 200–350 | Масло, воздух | | | | | | | | |
| Закалка (нормализация) | 950–1050 | Масло, воздух | До 200 ¹ | 588 | 686 | 15 | 40 | 39 | — | 217–255 | |
| Отпуск | 600–680 | Масло, воздух | | | | | | | | | |

¹ При толщине или диаметре более 200 мм механические свойства устанавливаются по согласованию между заказчиком и исполнителем и оговариваются в технических требованиях чертежа.

ОСТ 95-10-72 — IV и V группы, без п. 2.13 (Примечание 22 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89) (п. 2.13. Катанный сортовой полуфабрикат III, IV и V групп толщиной, не превышающей 16 мм, испытанию механических свойств не подвергается. Этот вид контроля заменяют определением твердости).

| 30X13 (3X13) | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|-----------------|---|---|--------------------|-------------|---|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-2186-77 | Отжиг или отпуск | 740-780 | С печью или воздух | 0,8-3,9 | — | 490 | 18 | — | — | — | — |
| | Листы в нагартованном и полунагартованном состоянии | | | 0,8-3,9 | Нормы механических свойств устанавливаются согласованием сторон | | | | | — | — |

Листы в состоянии поставки испытывают на изгиб на оправке. При этом на листах не должно быть трещин, надрывов, расслоения и других дефектов, видимых без применения увеличительных приборов.

При испытании на изгиб образцы загибают до параллельности сторон вокруг оправки диаметром, равным 2^х-кратной толщине листа. Радиус закругления губок при испытании на перегиб принимается равным пяти толщинам испытываемого листа.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | КП |
|------------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----------|---------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.853-87 | ПС | | | 20-140 | — | — | — | — | — | 45,0-52,5 | — | — |
| | | | | | 590 | 805 | 12 | 45 | 39 | — | 217-285 | 590 |

КП — категория прочности.

Значения механических свойств относятся к продольным образцам. В случае испытания механических свойств на тангенциальных или радиальных образцах допускается снижение механических свойств от норм таблицы:

- а) для тангенциальных образцов: $\sigma_{0,2}$ и σ_b — на 5% каждого; δ и KCU — на 25% каждого; ψ — на 20%
- б) для радиальных образцов: $\sigma_{0,2}$ и σ_b — на 10% каждого; δ и ψ — на 35% каждого; KCU — на 40%.

Назначение. Различные детали, работающие в среде воздуха, аргона, гелия, в пароводяной и некоторых жидкометаллических средах.

Втулки, шестерни, штанги, валы, штоки, цанги, пружинные шайбы, пружины и другие детали повышенной прочности.

Мерительные инструменты; валы крекинга-насосов, арматура; детали компрессоров и других изделий, работающие при температуре до 450°C и в слабоагрессивных средах.

Облицовка проточной части радиально-осевых и поворотных-лопастных турбин, камеры рабочих колес, облицовка лопастей, цапф, лопаток направляющего аппарата и шеек валов с подшипниками на водной смазке.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 300°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Применение в реакторостроении ограничено.

Сталь коррозионно-стойкая мартенситного класса.

| Механические свойства в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|----------------------------|--------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [2] | Закалка | 1000 | Воздух | Прутки, продольные образцы | -100 | — | — | — | — | 13-36 | — |
| | | | | | Отпуск | 650, 2-3 ч | Воздух | -40 | — | — | — |
| | 0 | — | — | | — | — | 48-68 | — | | | |
| | 20 | 701 | 941 | | 16,0 | 52,0 | 54 | 269-285 | | | |
| | 200 | 657 | 818 | | 14,0 | 57,5 | 127 | — | | | |
| | 300 | 627 | 774 | | 13,0 | 53,0 | 123 | — | | | |
| | 400 | 573 | 706 | | 12,5 | 52,5 | 157 | — | | | |
| | 450 | — | — | | — | — | 167 | — | | | |
| | 500 | 529 | 608 | | 14,0 | 54,5 | 162 | — | | | |
| | 550 | 485 | 529 | | 16,5 | 69,5 | 157 | — | | | |
| 600 | 412 | 451 | 21,0 | 80,5 | 157 | — | | | | | |

| 30X13 (3X13) | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|-----------------------------------|--|------------------------------------|--|--------------------------------------|---|------|------|-------------------------|
| Механические свойства стали при комнатной температуре после старения в зависимости от температуры и времени выдержки | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | τ, ч | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [3] | Закалка | 1000–1020 | Воздух или масло | Прутки, продольные образцы | 20 | — | 720 | 960 | 16 | 52 | 55 |
| | | | | | 500 | 20000 | 720 | 930 | 15 | 50 | 35 |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | 550 | 3000 | 690 | 875 | 16 | 51 | 45 |
| | | | | | 550 | 7000 | 620 | 820 | 18 | 54 | 50 |
| | | | | | 600 | 3000 | 630 | 820 | 20 | 56 | 60 |
| 600 | 10000 | 440 | 680 | 24 | 57 | — | | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | | База испытаний, ч | | | |
| Исходное состояние | | 54 | | Окалиностойкая при длительном сроке службы с температурой до 600°C | | | | | | | |
| 20000 | 500 | 40 | | | | | | | | | |
| 7000 | 550 | 49 | | | | | | | | | |
| 5000 | 600 | 44 | | | | | | | | | |
| 3000 | 600 | 59 | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [35] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | |
| Общая | Вода дистиллированная | | | | 20 | — | | 2 | | | |
| | Вода шахтная (кислая, pH = 0,5) | | | | 20 | — | | 1 | | | |
| | Промышленная атмосфера | | | | 20 | — | | 3 | | | |
| | Пар – воздух | | | | 100 | 50 | | 1 | | | |
| Точечная | | Для повышения коррозионной стойкости рекомендуется производить отпуск при температуре 300°C или выше 650°C. По коррозионной стойкости сталь близка к стали 10X13 | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | Проверка на склонность к МКК по ГОСТ 6032–2003 не предусмотрена | | | | | | | | | |
| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ ₀ , Н/мм ² | σ _т , Н/мм ² , за время τ, ч | | | | | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 1000 | 2000 | 3000 | 5000 | |
| [2] | Аустенитизация | 1000 | Воздух | 450 | 300 | 135 | 115 | 105 | 100 | 94 | 263–285 |
| | | | | 450 | 250 | 130 | 95 | 85 | 78 | 68 | |
| | Отпуск | 650 | Воздух | 450 | 200 | 140 | 85 | 80 | 73 | 64 | |
| | | | | 450 | 150 | 82 | 63 | 54 | 52 | 46 | |
| Предел ползучести при скорости деформации 1/10 ⁵ %/ч при 400°C составляет 134 Н/мм ² , при 450°C — соответственно 84 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка [2] | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1250–850 | До 400 | | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | До 400 | | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | |
| Заготовка | 1250–850 | | | | | | | | | | |
| Свариваемость [1] | | | | Обрабатываемость резанием [1] | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций | | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 241 НВ и σ _в = 735 Н/мм ² K _v = 0,70 (твердый сплав), K _v = 0,45 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|--|-----------------|-------------------------|-------------------------|------|---------|
| 40X13 (4X13) | | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75, ТУ 108.11.853–87. Прутки — ГОСТ 18907–73. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–2186–77. Проволока — ГОСТ 18143–72. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | |
| 0,36–0,45 | ≤ 0,80 | ≤ 0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 12,0–14,0 | 820 | 870 | 780 | — | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Отжиг или отпуск | 740–800 | | 0,7–3,9 | — | 550 | 15 | — | — | — | — | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1000–1050 | Масло | до 200 | Не определяются | | | | | | ≥ 50 | 143–229 |
| | Отпуск | 200–300 | Воздух или масло | | | | | | | | | |
| ГОСТ 18143–72 | В состоянии поставки термообработанная | | | 1,0–6,0 | — | 640–880 | 1 класс | — | — | — | — | |
| | | | | | | | 14 | | | | | |
| ГОСТ 18907–73 | В состоянии поставки термообработанная | | | 1,0–30 | — | 590–810 | 2 класс | — | — | — | — | |
| | | | | | | | 10 | | | | | |
| <p>Назначение. Втулки, оси, валы, пружины, рессоры, корпуса, цапфы, лопасти, бандажки паровых турбин, диски, работающие при температуре до 400–450°С, карбюраторные иглы, болты, гайки и другие детали, работающие в коррозионных средах.</p> <p>Сталь коррозионно-стойкая мартенситного класса, характеризуется высокой прочностью и износостойкостью.</p> | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | | | | | | | |
| Окалиностойкая при длительном сроке службы до температуры 600°С | | | | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | | |
| | | | | Время, ч | | | | t, °С | | KCU, Дж/см ² | | |
| | | | | Исходное состояние | | | | | | 21 | | |
| | | | | 5000 | | | | 470 | | 22 | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °С | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | Концентрированная H ₂ SO ₄ | | 20 | 720 | | 1 | | | | | |
| | | 63,4% H ₂ SO ₄ | | 40 | 24 | | 4 | | | | | |
| | | 24% аммиак | | 20 | 720 | | 1 | | | | | |
| Точечная | | Для повышения коррозионной стойкости рекомендуется производить закалку и отпуск при температуре 250–300°С. | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | Проверка на склонность к МКК по ГОСТ 6032–2003 не предусмотрена. | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметрыковки, °С | | | Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | |
| 1100–800 | | | Не применяется для сварных конструкций. | | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 340 HB и σ _в ≥ 735 Н/мм ² K _v = 0,6 (твердый сплав), K _v = 0,4 (быстрорежущая сталь) | | | | | |

| | |
|-------------------------------|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 13X13C2M2 (ЭИ 852) | Трубная заготовка — ТУ 14-1-1401-75, ТУ 14-1-1992-76. Трубы бесшовные — ТУ 14-3-258-74, ТУ 14-3-791-79. Трубы бесшовные особотонкостенные — ТУ 14-3-1179-83. |

Массовая доля элементов, %, по [2]

| | | | | | | | |
|-----------|-----------|--------|---------|---------|-----------|--------|-----------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo |
| 0,10–0,15 | 1,40–2,10 | ≤ 0,60 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | 12,0–14,0 | ≤ 0,30 | 1,20–2,00 |

Механические свойства в зависимости от температуры испытаний

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-----|----------------------|---------------------------|-------------------|---|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [2] | Отжиг | 840–860 | С печью | 10–95× 1,0–22,0 ¹ | Не определяются | | | | | | | |
| | | | | 15–37× 1,8–2,5 Длина немерная ≥ 1000, 3000 ² | 20 | 260 | 550 | 20 | 60 | — | — | — |
| | Закалка Отпуск | 1040–1060 720–740, 1 ч | Вода Воздух | 4–60× 0,2–1,0 Длина немерная 500–8000 Мерная 500–2600 Кратная мерной в пределах немерной ³ | 600 | — | 380 | 15 | 50 | — | — | — |
| | | | | | 20 | — | 550 | 20 | — | — | — | — |
| | Закалка Отпуск | 1050 720, 1 ч | Вода Воздух | — | 650 | 150 | 200 | — | — | — | — | — |
| | | | | | 20 | 660 | 887 | 24 | 58 | 114 | — | — |
| | | | | | 475 | 470 | 680 | 20 | 63 | — | — | — |
| | | | | | 600 | 406 | 480 | 26 | 78 | — | — | — |
| | | | | | 700 | 170 | 195 | 30 | 95 | — | — | — |

¹ ТУ 14-3-258-74.² ТУ 14-3-791-79.³ ТУ 14-3-1179-83.

Назначение. Для изготовления прутков, трубной заготовки, особотонкостенных труб, применяемых в производстве деталей и оборудования химического, энергетического и атомного машиностроения.

Сталь жаропрочная мартенситно-ферритного класса, обладает высокой деформационной способностью и коррозионной стойкостью.

Сталь может выплавляться с применением ЭШП.

| Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [2] | | | | | | Пределы длительной прочности | | | |
|---|---|------|------|-------|-------|------------------------------|---|-------------------|--|
| | | | | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | |
| – 20 | 0 | + 10 | + 20 | + 100 | + 250 | | 600 | 1·10 ³ | |
| 66 | — | 80 | — | 185 | 179 | 180 | | 135 | |

Технологические характеристики [2]

| Ковка* | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–800 | До 180 | В колодце | До 180 | В колодце |
| Заготовка | 1180–800 | | | | |

* Сталь удовлетворительно деформируется в холодном состоянии.

| Свариваемость | Обработываемость резанием |
|--|---|
| Удовлетворительно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | В закаленном и отпущенном состоянии при 220 НВ K _v = 0,75 (твердый сплав), K _v = 0,45 (быстрорежущая сталь) |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|---|---|--------------------------------------|--|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 12X13Г12АС2Н2 (ДИ 50) | | Трубная заготовка — ТУ 14-1-2870-80. Трубы — ТУ 14-3-917-80. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-2870-80 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Al | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,08–0,12 | 1,80–2,20 | 11,0–12,0 | ≤ 0,020 | ≤ 0,030 | 12,0–13,0 | 1,80–2,20 | 0,05–0,15 | 0,10–0,15 | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ТУ 14-3-917-80 | Аустенитизация | | | ø 32–42 s 4–6 | 372 | 784 | 35 | — | — | — | — | | |
| <p>Назначение. Для элементов оборудования теплоэнергетической (трубы поверхностей нагрева котлов энергоблоков, работающих при температуре до 700°С на высокоагрессивных органических топливах с высоким содержанием ванадия, серы и др.), нефтеперерабатывающей, нефтехимической и других отраслей промышленности.</p> <p>Сталь жаростойкая, жаропрочная, аустенитного класса.</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Механические свойства после эксплуатации различной продолжительности | | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | Время испытания, ч | σ _T , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | | | | | |
| Продукты сгорания высокосернистого мазута | 650 | 0,086 | 10000 | 800 | 310 | 850 | 22,0 | 19,5 | | | | | |
| | 650 | 1,0 ¹ | 68000 | | | | | | | | | | |
| Продукты сгорания экибастузского угля | 650 | 0,01 | 10000 | 13000 | 323 | 800 | 23,0 | 18,0 | | | | | |
| | 650 | 0,2 ¹ | 10000 | | | | | | | | | | |
| | 700 | 0,015 | 10000 | | | | | | | | | | |
| | 700 | 0,3 ¹ | 10000 | | | | | | | | | | |
| Продукты сгорания назаровского угля | 650 | 0,005 | 10000 | 64000 | 450 | 950 | 44,0 | 55,1 | | | | | |
| | 650 | 0,3 ¹ | 11500 | | | | | | | | | | |
| | 700 | 0,008 | 10000 | | | | | | | | | | |
| | 700 | 0,35 ¹ | 10000 | | | | | | | | | | |
| ¹ Экстраполяция на 100000 ч. | | | | 70000 | 337 | 633 | 42,6 | 80,2 | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | | | | |
| Общая | — | | — | — | — | | | | | | | | |
| Точечная | — | | — | — | — | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | — | | — | — | — | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | — | | — | — | — | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметрыковки, °С | | | Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | |
| 1180–980 | | | Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | В состоянии поставки при σ _b = 783 Н/мм ² K _v = 0,41 (твердый сплав), K _r = 0,17 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|-------------------|---|--|------------------------------------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 10X13Г12С2Н2Д2Б (ДИ 59) | | Трубная заготовка — ТУ 14-1-2870-80, ТУ 14-131-871-93. Трубы — ТУ 14-3Р-55-2001. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-2870-80 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Nb | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,06–0,10 | 1,80–2,20 | 11,5–12,5 | ≤ 0,020 | ≤ 0,030 | 12,0–13,5 | 1,80–2,50 | 2,00–2,50 | 0,60–1,00 | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ТУ 14-3Р-55-2001 | Аустенитизация | | | ∅ 32–42 s 4–6 | 216 | 588 | 40 | — | — | — | — | | |
| <p>Назначение. Для элементов оборудования теплоэнергетической (трубы поверхностей нагрева котлов энергоблоков, работающих при температуре до 700°С на высокоагрессивных органических топливах с высоким содержанием ванадия, серы и др.), нефтеперерабатывающей, нефтехимической и других отраслей промышленности.</p> <p>Сталь жаростойкая, жаропрочная, аустенитного класса.</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Механические свойства после эксплуатации различной продолжительности | | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | Время испытания, ч | σ _т , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | | | | | |
| Продукты сгорания высокосернистого мазута | 550 | 0,25 ¹ | 46675 | 25000 | 420 | 910 | 35 | 37 | | | | | |
| | 650 | 0,185 | 10000 | | | | | | | | | | |
| | 650 | 0,60 ¹ | 46675 | | | | | | | | | | |
| Продукты сгорания экибастузского угля | 650 | 0,01 | 10000 | 38000 | 390 | 900 | 40 | 30 | | | | | |
| | 700 | 0,012 | 10000 | 50000 | 382 | 900 | 41 | 44 | | | | | |
| ¹ Экстраполяция на 100000 ч. | | | | 72000 | 400 | 900 | 34 | 33 | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | | | | | |
| Общая | — | — | — | — | | | | | | | | | |
| Точечная | — | — | — | — | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | — | — | — | — | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | Испытания по методу АМ ГОСТ 6032-2003 при длительности кипячения 15 ч в аустенитизированном состоянии, а также после провоцирующего отпуска при температурах 550 и 650°С в течение одного часа показали, что сталь не склонна к МКК. | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметрыковки, °С | Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | | |
| 1160–950 | Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | | В состоянии поставки при σ _в = 588 Н/мм ² K _V = 0,66 (твердый сплав), K _V = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|----|--------|--------|----|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 25X13H2 (2X14H2, ЭИ 474) | | Прутки нагартованные — ГОСТ 18907-73, ТУ 14-1-721-73. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | Al | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,20–0,30 | ≤ 0,50 | 0,80–1,20 | 0,15–0,25 | 0,08–0,15 | 12,0–14,0 | 1,50–2,00 | — | ≤ 0,20 | ≤ 0,30 | — | — | — | — | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|---|-------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-------|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18907-73 | Пруток: | | | 1–30 | — | 690–980 | — | — | — | — | — |
| | шлифованный обработанный на заданную прочность (ТП) | | | | | | | | | | |
| | отожженный (Т) | | | Свыше 5 | — | — | — | — | — | — | 207–285 |
| ДЦ | То же | | | — | — | 830 | 10 | — | — | 25–27 | — |

Назначение. Детали с повышенной пластичностью, подвергающиеся ударным нагрузкам (клапаны гидравлических прессов, предметы домашнего обихода), а также изделия, подвергающиеся действию слабоагрессивных сред (атмосферные осадки, водные растворы солей органических кислот при комнатной температуре и другие).

Сталь обладает хорошей обрабатываемостью на станках.

Сталь коррозионно-стойкая мартенситного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------|---|---|-----|-----|-----|-----|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1150–800 | Медленное в печи | | | |
| Заготовка | | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|--|
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД и ЭШ. Необходимы предварительный подогрев и последующая термообработка. | В отожженном состоянии при 210 НВ K _v = 1,2 (твердый сплав) | Мало чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна в интервале температур 475–500°С при длительных выдержках. |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|--|--|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|------|----|
| 09X13H3Г4 | | Поковки — НД заводов. Отливки — НД заводов. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по [38] | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | | | | | |
| ≤ 0,09 | ≤ 0,40 | 3,80–4,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,015 | 12,0–13,5 | 2,80–3,50 | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [38] | Нормализация | 950 | Воздух | 100 | 900 | 1430 | 17 | 56 | 115 | — | — |
| [91] | Нормализация | 1050±10 | Воздух | — | 850 | 1490 | 17 | 58 | 123 | 37,5 | — |
| <p>Назначение. Для изготовления литых деталей гидромашин (лопасти гидротурбин гидронасосов, судовых гребных винтов) и других деталей, работающих в условиях изнашивания при кавитации и гидроабразивном воздействии.</p> <p>Может использоваться для облицовки лопастей гидротурбин сваркой взрывом, а также в ряде случаев, когда наряду с эрозийной стойкостью требуется высокая конструкционная прочность изделий в интервале температур от минус 196 до плюс 400°С.</p> <p>Сталь метастабильная аустенитного класса.</p> | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [91] | | | Термообработка | Чувствительность к надрезу [91] | | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | Тип образца | | 0,3 | | | | | | | |
| 590 | — | Гладкий | Нормализация с 1040°С | Сталь обладает высоким уровнем циклической прочности и малой чувствительностью к концентрации напряжений | | | | | | | |
| 260 | — | С острым надрезом (радиус дна надреза 1 мм; глубина выточки 3,5 мм; угол раскрытия 55°) | | Чувствительность к надрезу рассчитывали по формуле $q = (K_3 - 1) / (K_1 - 1)$, где K ₃ — эффективный коэффициент концентрации напряжений, равный отношению предела усталости гладкого образца к надрезанному; K ₁ — теоретический коэффициент концентрации напряжений. | | | | | | | |
| Кавитационная стойкость ¹ [91] | | | Гидроабразивная стойкость ² [91] | | | | | | | | |
| Марка стали | Время испытаний, ч | Потери веса, мг | Марка стали | Время испытаний | Потери веса, мг | Термообработка | | | | | |
| 09X13H3Г4 | 10 | 110–200 | 09X13H3Г4 | 10 мин | 28–33 | В нормализованном состоянии | | | | | |
| 12X18H10T (закалка 1100°С) | 10 | 1250 | Ст3 (эталон) | 10 мин | 50 | | | | | | |
| | | | 12X18H10T | 10 мин | 58 | | | | | | |
| ¹ Испытания проводились на ударно-эрозионном стенде. | | | ² Испытания проводились на установке Тененбаума при 5% концентрации кварцевого песка, 650 мкм крупности, 80° угла встречи поверхности образца с струей. | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [91] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | | |
| Общая | | — | — | — | — | | | | | | |
| Точечная | | — | — | — | — | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | — | — | — | — | | | | | | |
| Межкристаллитная | | Склонность к МКК в нормализованном состоянии не выявлена | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [91] | | | | | | | | | | | |
| Сталь технологична при отливке, горячей обработке (ковке, прокатке) и обработке резанием | | | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|--|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| 20X13H3Г4 | | Поковки, прокат — НД заводов. Отливки — НД заводов. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по [38, 91] | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | | | | | |
| 0,15–0,20 | ≤ 0,40 | 3,80–4,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,015 | 12,0–13,5 | 2,80–3,50 | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| [38] | Закалка | 1070 | Вода | — | 320 | 1530 | 24 | 14 | 230 | — | — |
| <p>Назначение. Для изготовления литых деталей гидромашин (лопасти гидротурбин гидронасосов, судовых гребных винтов) и других деталей, работающих в условиях изнашивания при кавитации и гидроабразивном воздействии.</p> <p>Может использоваться для облицовки лопастей гидротурбин сваркой взрывом, а также в ряде случаев, когда наряду с эрозивной стойкостью требуется высокая конструкционная прочность изделий в интервале температур от минус 196 до плюс 400°С.</p> <p>Сталь метастабильная аустенитного класса.</p> | | | | | | | | | | | |
| Кавитационная стойкость ¹ [91] | | | Гидроабразивная стойкость ² [91] | | | | | | | | |
| Марка стали | Время испытаний, ч | Потери веса, мг | Марка стали | Время испытаний | Потери веса, мг | Термообработка | | | | | |
| 09X13H3Г4 | 10 | 40 | Гидроабразивная стойкость стали 09X13H3Г4 существенно превосходит гидроабразивную стойкость стали 12X18H10Т | | | | | | | | |
| 12X18H10Т (закалка 1100°С) | 10 | 1250 | | | | | | | | | |
| ¹ Испытания проводились на ударно-эрозивном стенде. | | | ² Испытания проводились на установке Тененбаума при 5% концентрации кварцевого песка, 650 мкм крупности, 80° угла встречи поверхности образца с струей. | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|-------------------|-------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|---------|-----|
| 06X13H7D2 | | Крепежные детали — ГОСТ 23304–78. Сортовой прокат — ТУ 14–1–3613–83. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 23304–78 | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | As | Cu | V | | | |
| ≤ 0,06 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,020 | ≤ 0,030 | 12,00–13,00 | 6,50–7,50 | — | — | 2,00–2,50 | — | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | КП | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23304–78 | Закалка | 1040–1060 | Вода | До 160 | 20 | не менее или в пределах | | | | | | | |
| | | | | | | Болты и шпильки | | | | | | | |
| | | Отпуск | 530–560 | | Воздух | 300 | 804–951 | 882 | 12 | 55 | 78 | 269–302 | 805 |
| | | | | | | | 608 | — | — | — | — | — | — |
| | Закалка | 1040–1060 | Вода | До 160 | 20 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | | |
| | | | | | | Болты и шпильки | | | | | | | |
| | | Отпуск | 530–650 | | Воздух | 300 | 804–951 | 882 | 12 | 55 | 78 | 269–302 | 805 |
| | | | | | | | 608 | — | — | — | — | — | — |

Примечания.

- При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм, указанных в таблице для $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , ψ , KCU соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%.
- Для крепежных деталей групп качества 0, 0a и 1 производить дополнительно определение ударной вязкости KCV на образцах типа 11 по ГОСТ 9454–78.
- На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футурки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.
- В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин.

Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более.
Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3a контролируют детали с диаметром резьбы М24 и более.

5. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 805; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 805.

Назначение. Крепежные детали турбин и фланцевых соединений реакторов, парогенераторов, сосудов, паропроводов и аппаратуры.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 300°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь коррозионно-стойкая аустенитно-мартенситного класса.

| Технологические характеристики [6] | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | |
| Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | |
| Слиток | 1150–850 | 200 | Воздух | | 200 | Воздух | |
| Заготовка | 1150–850 |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | |
| Способы сварки: РД, РАД | | | В закаленном и отпущенном состоянии при $\sigma_b = 882$ Н/мм² $K_v = 0,42$ (твердый сплав) | | | | Чувствительна | | | |
| Склонность к отпускной хрупкости | | | |
| | | | | | | | — | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|---|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----|
| 03X13H8/2TM (ЭП 699) | | Прутки горячекатаные круглые, кованные круглые и квадратные — ТУ 14-1-1655-75. Лента — ТУ 14-1-2176-77. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-1655-75 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| ≤ 0,03 | ≤ 0,50 | ≤ 0,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,020 | 12,0–13,0 | 8,00–9,00 | 0,50–1,00 | 0,80–1,10 | 1,50–2,00 | 575 | 700 | — | — | 185 | 100 |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------|-------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-1655-75 | Тройная закалка | 880±10 | Воздух | 3–38 ¹ | 1350 | 1450 | 9 | 30 | 45 | — | — |
| | Старение, 2 ч | 500–540 | Воздух | 90–180 ² | | | | | | | |
| ТУ 14-1-2176-77 | В состоянии поставки | | | Лента | — | 382 | 6 | — | — | — | — |
| | Закалка | 880±10 | Воздух | h=2,0 и 3,0 | 1300 | 1372 | 5 | — | — | — | — |
| | Старение 3–5 ч | 520–540 | Вода | b=90 l≥600 | | | | | | | |

¹ Прутки горячекатаные круглые.

² Прутки кованные круглые и квадратные.

| Механические свойства в зависимости от температуры заковки | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|----------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|-------|-------------------------|-----------------|------|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | t испытания, °С | HRC | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-1655-75 | Закалка | 820 | Вода или воздух | Пруток ø 16 | 1184 | 1245 | 16,4 | 67,4 | 84 | 20 | 35 | |
| | Старение, 2 ч | 550 | Воздух | | 1404 | 1756 | 18,2 | 52,3 | 36 | -196 | — | |
| | Закалка | 850 | Вода или воздух | Пруток ø 16 | 1184 | 1241 | 16,0 | 67,5 | 100 | 20 | 35 | |
| | Старение, 2 ч | 550 | Воздух | | 1412 | 1752 | 25,0 | 46,9 | 35 | -196 | — | |
| | Закалка | 900 | Вода или воздух | Пруток ø 16 | 1174 | 1238 | 15,2 | 64,3 | 95 | 20 | 35 | |
| | Старение, 2 ч | 550 | Воздух | | 1464 | 1764 | 24,7 | 48,4 | 37 | -196 | — | |
| | Закалка | 950 | Вода или воздух | Пруток ø 16 | 1180 | 1220 | 17,6 | 57,5 | 125 | 20 | 34 | |
| | Старение, 2 ч | 550 | Воздух | | 1495 | 1771 | 21,2 | 51,7 | 27 | -196 | — | |
| | Закалка | 1000 | Вода или воздух | Пруток ø 16 | 1221 | 1256 | 20,5 | 61,8 | 55 | 20 | 33 | |
| | Старение, 2 ч | 550 | Воздух | | 1520 | 1730 | 21,5 | 47,8 | 20 | -196 | — | |
| | Закалка | 1050 | Вода или воздух | Пруток ø 16 | 1230 | 1250 | 14,6 | 60,5 | 50 | 20 | 32 | |
| | Старение, 2 ч | 550 | Воздух | | 1506 | 1640 | 20,2 | 54,8 | 20 | -196 | — | |
| | Закалка | 1100 | Вода или воздух | Пруток ø 16 | 1176 | 1195 | 17,0 | 62,1 | 49 | 20 | 32 | |
| | Старение, 2 ч | 550 | Воздух | | 1550 | 1670 | 20,5 | 53,0 | 13 | -196 | — | |
| | Закалка, 1 ч | | 880 | Вода | Пруток ø 16 | 47 | 53,5 | 111 | > 90 | — | 1000 | — |
| | | | | | | 34,5 | 42,5 | 111 | > 90 | — | 1050 | — |
| | | | | | | 23 | 32 | 90,5 | > 90 | — | 1100 | — |
| | | | | | | 17,5 | 24,5 | 107,5 | > 90 | — | 1150 | — |
| | | | | | | 12,5 | 17 | 78 | > 90 | — | 1200 | — |
| | Закалка 40 мин | 880 | Вода | Пруток ø 20 | 814 | 925 | 16,5 | 74,6 | 214 | 20 | 24 | |
| Старение, 2 ч | 1223 | | | | 1360 | 21,0 | 62,3 | 70 | -196 | — | | |
| Закалка 40 мин | 880 | Вода | Пруток ø 20 | 930 | 1020 | 14,0 | 64,2 | 130 | 20 | 24 | | |
| Старение, 2 ч | | | | 1245 | 1440 | 18,6 | 40,9 | 54 | -196 | — | | |
| Закалка 40 мин | 880 | Вода | Пруток ø 20 | 1014 | 1170 | 14,7 | 66,3 | 79 | 20 | 29 | | |
| Старение, 2 ч | | | | 1325 | 1580 | 16,2 | 39,4 | 28 | -196 | — | | |
| Закалка 40 мин | 880 | Вода | Пруток ø 20 | 1287 | 1335 | 10,8 | 25,4 | 38 | 20 | 40 | | |
| Старение, 2 ч | | | | 1604 | 1624 | 12,4 | 17,2 | 15 | -196 | — | | |
| Закалка 40 мин | 880 | Вода | Пруток ø 20 | 1578 | 1624 | 7,8 | 14,9 | 27 | 20 | 42 | | |
| Старение, 2 ч | | | | 1813 | 1848 | 7,0 | 8,4 | 7 | -196 | — | | |
| Закалка 40 мин | 880 | Вода | Пруток ø 20 | 1515 | 1571 | 12,5 | 38,5 | 34 | 20 | 38 | | |
| Старение, 2 ч | | | | 1924 | 1948 | 13,1 | 24,3 | 10 | -196 | — | | |

| 03X13H8Д2ТМ (ЭП 699) | | Механические свойства в зависимости от температуры заковки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|-------------------|---|---|--------------------------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|----------|--|--|--|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | t испытания, °С | HRC | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ТУ 14-1-1655-75 | Закалка 40мин Старение, 2 ч | 880 | Вода | Пруток Ø 20 | 1184 | 1241 | 16,0 | 67,5 | 100 | 20 | 34 | | | | |
| | | 550 | | | 1412 | 1752 | 25,0 | 46,9 | 35 | -196 | — | | | | |
| | Закалка 40мин Старение, 2 ч | 880 | Вода | Пруток Ø 20 | 945 | 1112 | 25,0 | 74,2 | 154 | 20 | 32 | | | | |
| | | 600 | | | 1172 | 1628 | 24,8 | 51,0 | 82 | -196 | — | | | | |
| | Закалка 40мин Старение, 2 ч | 880 | Вода | Пруток Ø 20 | 711 | 1020 | 20,4 | 62,8 | 146 | 20 | 28 | | | | |
| | | 625 | | | 1040 | 1608 | 23,8 | 57,5 | 106 | -196 | — | | | | |
| | Закалка 40мин Старение, 2 ч | 880 | Вода | Пруток Ø 20 | 800 | 919 | 17,5 | 75,7 | 168 | 20 | 26 | | | | |
| | | 650 | | | 984 | 1542 | 26,5 | 49,8 | 114 | -196 | — | | | | |
| | ТУ 14-1-2176-77 | Закалка 40мин Старение, 2 ч | 880 | Вода | Лист 2 | 990 | 1170 | 19 | 65 | 75 | 20 | — | | | |
| | | | | | | | 1400 ³ | | | 52 ⁴ | | | | | |
| 1080 | | | 1310 | | | 19 | 65 | 75 | -70 | — | | | | | |
| | | | 1650 ³ | | | | | 50 ⁴ | | | | | | | |
| 1405 | | | 1600 | | | 19 | 50 | 70 | -196 | — | | | | | |
| | | | 1800 ³ | | | | | 37 ⁴ | | | | | | | |
| 1685 | | | 1780 | | | 12 | 38 | 49 | -253 | — | | | | | |
| | | | 1870 ³ | | | | | 25 ⁴ | | | | | | | |
| ³ σ_b^H . ⁴ KCV. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Силовые элементы, сварные конструкции, работающие при температурах от 20°С до минус 196°С. Сталь мартенситно-старяющая. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | | t, °С | Скорость коррозии, мкм/год | | | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | Атмосфера солевого тумана | | | | | 7,9/9,4 ⁵ | | | | | | | | |
| | | 98%-ная относительная влажность | | | | | 5,9/6,1 ⁵ | | | | | | | | |
| | | 98%-ная относительная влажность + 0,01%SO ₂ | | | | | 25,5/18,4 ⁵ | | | | | | | | |
| | | Сталь коррозионно-стойка в атмосферных условиях. | | | | | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Не склонна в условиях промышленной атмосферы (в присутствии 0,01%SO ₂), в условиях 98% влажности и в атмосфере солевого тумана. | | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | | | | |
| ⁵ Данные для листовой стали (толщина 2 мм). Термообработка: числитель – закалка с 980°С, 20 мин, воздух; знаменатель – закалка 980°С, 20 мин, воздух + старение при 600°С, 2 ч. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка ⁶ | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1160–850 | | | Воздух | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | | |
| ⁶ Сталь удовлетворительно деформируется в холодном состоянии. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Способы сварки: РД и РАД. В качестве присадочного материала может применяться проволока из сталей ЭП 699, ЭП 225 и др. Сварные соединения не склонны к образованию горячих и холодных трещин. При обработке стали на прочность $\sigma_b \geq 900$ Н/мм ² сварное соединение равнопрочно основному металлу. | | | | Относительная обрабатываемость ниже, чем у стали 45, и выше, чем у сталей аустенитного класса | | | | Чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | — | | | | | | | |

| Марка стали | Вид поставки |
|-------------|---|
| 08X14MФ | Трубы — ТУ 14-3-815-79, ТУ 14-3-1808-91, ТУ 14-159-188-89, ТУ 14-188-45-80. Трубная заготовка — ТУ 14-1-1529-93. Поковки — ТУ 302-02-123-91. Лист — ТУ 14-1-4840-90, ТУ 14-1-4841-90, ТУ 14-134-281-91. |

| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-1529-93 | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
|--|-----------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Mo | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,05–0,10 | 0,20–0,45 | 0,80–1,20 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 13,0–14,8 | 0,20–0,40 | 0,15–0,30 | 810–820 | 890–910 | — | — |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------------|-------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-1529-93 | Нормализация Отпуск | 1000–1030 750–780 | Воздух Воздух | 80–270 | 345 | 540 | 20 | 60 | 160 | — | 170 |
| ТУ 14-1-4840-90 | Отжиг | 750–780 | С печью | 0,5–30 | 300 | 450 | 22 | — | — | — | — |
| ТУ 14-1-4841-90 | Отжиг | 750–780 | С печью | 0,5–30 | 300 | 450 | 22 | — | — | — | — |
| ТУ 14-3-1808-91 | Отпуск | 750–780 | Воздух | 1,2–3,0 | 250 | 450 | 22 | — | — | — | — |
| ТУ 14-134-281-91 | Нормализация Отпуск | 1000–1030 750–780 | Воздух Воздух | 6–10 | 300 | 450 | 22 | 50 | — | — | — |
| ТУ 14-188-45-80 | Нормализация Отпуск | 1000–1030 750–780 | Воздух Воздух | 36–40 | 343 | 539 | 20 | 50 | — | — | — |
| ТУ 302-02-123-91 | Нормализация Отпуск | 1000–1030 750–780 | Воздух Воздух | 600 | 350 | 550 | 20 | 50 | — | — | — |

Назначение. Трубы теплообменного оборудования и трубопроводные трубы, лист, поковки для энергооборудования, а также оборудования пищевой промышленности.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°С (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь коррозионно-стойкая мартенситно-ферритного класса.

| t, °С | Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Тип образца | Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | |
|-------|--|-------------|-----------------|---------------------------------------|--|-------|-------------------------|
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | Время, ч | t, °С | KCV, Дж/см ² |
| | Исходное состояние | | | | 160 | | |
| 20 | 328 | — | 10 ⁷ | Гладкие образцы | 500 | 350 | 143 |
| 350 | 250 | — | 10 ⁷ | | 1000 | 350 | 140 |
| | | | | | 3000 | 350 | 116 |
| 20 | 328 | — | 10 ⁷ | Образцы с надрезом | 5000 | 350 | 128 |
| 350 | 250 | — | 10 ⁷ | | 10000 | 350 | 83 |
| | | | | | 1000 | 550 | 152 |
| 20 | 348 | — | 10 ⁷ | Сварные образцы (РД электродом ЦЛ-51) | 3000 | 550 | 160 |
| 350 | 245 | — | 10 ⁷ | | 5000 | 550 | 145 |

| Коррозионная стойкость [1] | | | | |
|-----------------------------|--|-------|-----------------|----------------------|
| Вид коррозии | Среда | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости |
| Общая | Деминерализованная вода, [O ₂] ≤ 1 мг/кг | 320 | 2000 | 1 |
| | | 70 | 2000 | 1 |
| | | — | 5000 | 1 |
| Точечная | Деминерализованная вода, [O ₂] ≤ 1 мг/кг | 70 | 2000 | Питтинги отсутствуют |
| | | — | 5000 | |
| Коррозионное растрескивание | 42% Mg Cl ₂ | 154 | 500 | Трещин нет |
| | Вода, содержащая 1 мг/кг Cl ⁻ и до 6,0 мг/кг O ₂ | 350 | 3000 | Трещин нет |
| Межкристаллитная | | | | |

| Технологические характеристики [1] | | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм |
| Слиток | 1250–850 | До 600 | Замедленное | Любых размеров |
| Заготовка | 1100–850 | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием |
|---|--|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Рекомендуется предварительная и последующая термообработка | В нормализованном и отпущенном состоянии при 170 HB и $\sigma_{в} = 350$ Н/мм ² K _v = 1,3 (твердый сплав) |

| | | |
|---|--|---------------------|
| Марка стали | | Вид поставки |
| 04X14T3P1Ф (ЧС 82), 04X14T3P1Ф-ВИ (ЧС 82-ВИ), 04X14T3P1Ф-ПТ (ЧС 82-ПТ), 04X14T3P1Ф-ПШ (ЧС 82-ПШ) | | |
| Трубная заготовка — ТУ 14-1-4599-89. Трубы стальные бесшовные холодно-деформированные шестигранные — ТУ 14-3-1630-89. | | |

Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-3-1630-89

| | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|---------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|--------|-----------|
| Al | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | V | Ti | Al | B |
| 0,02-0,06 | ≤ 0,50 | ≤ 0,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,030 | 13,0-16,0 | ≤ 0,50 | 0,15-0,30 | 2,30-3,50 | ≤ 0,50 | 1,30-1,80 |

Примечания.

1. Допускаются отклонения по С +0,01%; по Cr +0,5%; по В +0,1%; по Ti +0,5%; по V +0,15%; по Al +0,2%; по Si +0,1%; по Ni +0,15%.
2. Массовая доля остаточных элементов по ГОСТ 5632-72.
3. РЗМ вводится в количестве 1,5 кг/т по расчету и химическим анализом не определяется.
4. Для легирования стали применяется ферробор, выплавленный из необходимого по бору-10 боросодержащего пары Дальнегорского объединения "Бор".

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-----------------|--|-------|-------------------|-------------|--|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-1630-89 | Поставляется в термически обработанном состоянии | | | — | Труба шестигранная с наружным размером под ключ 257±2; толщиной стенок граней 6,00 ^{+1,75} _{-1,00} ; длиной 4300 ⁺⁶⁰ ₋₂₀ | | | | | | |
| | | | | | не менее | | | | | | |
| | | | | | 245 | 441 | 10 | — | — | — | — |

Сталь выплавляется в вакуумно-индукционных и плазменных печах или выплавленной в плазменных печах с последующим электрошлаковым переплавом.

Назначение. Трубы шестигранные для стеллажей уплотненного хранения и чехла-37 ТУК-13 отработанного топлива.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | Ti, % | B, % |
|------|-----------------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [ДЦ] | Без термической обработки | | | Трубы | 420-460 | 530 | 9-11 | — | 50-53 | — | — |
| | | | | | 485-530 | 580-600 | 10-16 | — | 11 | 2,8 | 1,4 |
| | | | | | 420-460 | 565-570 | 13 | — | 25-50 | 2,7 | 1,6 |
| | После термической обработки | | | Трубы | 380-410 | 540-560 | 10,5-14 | — | 50-100 | — | — |
| | | | | | 380-405 | 540-570 | 11,5-15,5 | — | 50-90 | 2,8 | 1,4 |
| | | | | | 395-405 | 540-560 | 11,5-16,5 | — | 50-100 | 2,7 | 1,6 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | Ti/B | |
|------|---------------------------|-------|-------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--------|------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [ДЦ] | Без термической обработки | | | Трубы | 410-465 | 560 | 14 | — | 50 | 1,55 | |
| | Отпуск | 750 | Воздух | | горяче-катаные | 300-350 | 540-570 | 12,5-15 | 24,5-43 | 70-100 | 1,55 |
| | Отпуск | 800 | Воздух | | 320-335 | 520-530 | 19-20,5 | 41-44 | 40-120 | 1,55 | |
| | Без термической обработки | | | горяче-катаные | 470 | 600 | 15 | 37-39 | 50-150 | 1,65 | |
| | Отпуск | 750 | Воздух | | 380 | 570 | 19-20,5 | 38-41 | 75-125 | 1,65 | |
| | Отпуск | 800 | Воздух | | 280-290 | 530-540 | 22-23,5 | 41-45 | 75-125 | 1,65 | |
| | Отпуск | 800 | Вода | | 290-300 | 510-520 | 23 | 34-39 | 75-100 | 1,65 | |
| | Без термической обработки | | | | 475-490 | 570-580 | 17-19,5 | 37-39 | 25-50 | 2,00 | |
| | Отпуск | 750 | Воздух | | 390 | 560-570 | 18-19,5 | 41-42 | 97 | 2,00 | |
| | Отпуск | 800 | Воздух | | 380-385 | 550-560 | 18,5-19,5 | 36-41 | 25 | 2,00 | |
| | Отпуск | 800 | Вода | | 360-365 | 530-550 | 17,5-18,5 | — | 49-75 | 2,00 | |
| | Без термической обработки | | | | 510-520 | 620-630 | 11-13 | — | 73-120 | 2,42 | |
| | Отпуск | 750 | Воздух | 395-430 | 580-610 | 16,5-18,5 | 39-40 | 73-170 | 2,42 | | |
| | Отпуск | 800 | Воздух | 370-375 | 570-580 | 15,5-16,5 | 34-37 | 49-120 | 2,42 | | |

| 04X14T3P1Ф (ЧС 82), 04X14T3P1Ф-ВИ (ЧС 82-ВИ), 04X14T3P1Ф-ПТ (ЧС 82-ПТ), 04X14T3P1Ф-ПШ (ЧС 82-ПШ) | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|-----------------------------------|----------------|----------------------------------|-------|-------------------------|----|
| Механические свойства в зависимости от метода выплавки и температуры прокатки | | | | | | | | | |
| НД | Метод выплавки | Сечение, мм | t _{прокатки} , °С | σ _{0,2} | σ _в | δ, | ψ, | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | | | | не менее | | | | | |
| [ДЦ] | Вакуумно-индукционный | Трубы горяче-катаные | 850 | 440–480 | 610–680 | 11,5–15 | — | 25–50 | — |
| | | | 950 | 400–460 | 570–610 | 13–17,5 | — | 24 | — |
| | | | 950 | 430–440 | 570–620 | 13–18,5 | — | 25 | — |
| | | | 950 | 460–470 | 580–600 | 13–18,5 | — | 25 | — |
| | | | 950 | 425–440 | 570–580 | 14,5–17,5 | — | 30 | — |
| | Плазменный | 950 | 455–500 | 625–640 | 16,5–20 | — | 47–97 | — | |
| | | 950 | 475 | 610–620 | 17,5–21 | — | 47–95 | — | |
| | | 950 | 430–450 | 600 | 18–20 | — | 25 | — | |
| | | 950 | 400–470 | 600–620 | 10,5–15,5 | — | 25 | — | |
| | | Максимальные значения остаточных напряжений в шестигранных трубах | | | | | | | |
| Место замера | Труба до термической обработки | | | Труба после термической обработки | | | | | |
| | Напряжения, Н/мм ² | | | | | | | | |
| | окружные | осевые | окружные | осевые | | | | | |
| Грань | + 268 | 290 | Не определялись | Не определялись | | | | | |
| Ребро | – 56 | 388 | – 3,4 | 38 | | | | | |
| В результате отжига при 680°С, 1 ч уровень остаточных напряжений снизился в 30 раз. | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | t, °С | Длительность, ч | Глубина коррозии, мкм/год | Балл стойкости | | | | |
| Общая | Водный раствор борной кислоты (H ₃ BO ₃) — 16 г/кг; суммарной концентрацией калия, лития, натрия 0,05÷0,35 мг/кг | 20–100 | 2500–3000 | 3–4 | 2–3 | | | | |
| Точечная | — | — | — | — | — | | | | |
| Коррозионное растрескивание | — | — | — | — | — | | | | |
| Межкристаллитная | Сталь не склонна к МКК при испытании по ГОСТ 6032–2003 (метод АМ) в термообработанном состоянии, после прокатки, а также после отпусков при температурах 200°С, 680°С, 800°С в течение 0,5 ч; при наложении провоцирующего нагрева в интервале 800–1000°С с охлаждением в воде и на воздухе. | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температура профилирования (деформации) круглых труб в шестигранные, °С | | | | | | | | |
| Заготовка | 150–200 | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | Флокеночувствительность | | | |
| Не применяется для сварных конструкций | | | Сталь обрабатывается удовлетворительно | | | Не чувствительна | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | |
| | | | | | | — | | | |

| | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| Марка стали | Вид поставки |
| 10X14AG15 (X14AG15, ДИ 13) | Лист тонкий — ГОСТ 5582–75. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | |
|--------|--------|------------|---------|---------|-----------|-----------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | N |
| ≤ 0,10 | ≤ 0,80 | 14,50–16,5 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 13,0–15,0 | 0,15–0,25 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | | | | | не менее | | | | | | |
| | | | | | Образцы поперечные | | | | | | |
| | Закалка | 950–1100 | Вода | До 3,8 | — | 740 | 45 | — | — | — | — |

Назначение. Заменитель холоднокатаной стали марок 12X18H9 и 17X18H19 для прочных и легких конструкций, облицовки проточной части радиально-осевых и поворотного-лопастных турбин, камеры рабочих колес, облицовки лопастей, лопаток направляющих аппаратов и шеек валов с подшипниками на водной смазке, цапфы, клапаны, седла клапанов, крепежные и другие детали, к которым предъявляются требования по коррозионной стойкости.

Для немагнитных деталей, работающих в слабоагрессивных средах.

Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса.

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | | | | | | не менее | | | | | |
| | Закалка | 1050 | Вода | — | 800 | 96 | 205 | 44 | 46 | — | — |
| | | | | | 900 | 75 | 125 | 57 | 57 | — | — |
| | | | | | 1000 | 43 | 61 | 64 | 56 | — | — |
| | | | | | 1100 | 33 | 44 | 82 | 61 | — | — |
| | | | | | 1150 | 20 | 29 | 64 | 58 | — | — |
| | | | | | 1200 | 10 | 20 | 64 | 59 | — | — |

Механические свойства в зависимости от степени пластической деформации

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Степень деформации, % | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | | | | | | не менее | | | | | |
| | Закалка | 1050 | Вода | Лист | 0 | 370–420 | 700–860 | 60 | — | — | — |
| | | | | 3 | 20 | 920–960 | 1040–1140 | 32 | — | — | — |
| | | | | | 40 | 1080–1210 | 1080–1210 | 18 | — | — | — |
| | | | | | 60 | 1410–1560 | 1520–1680 | 7 | — | — | — |

Технологические характеристики [4]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1160–850 | До 350 | На воздухе | — | — |
| Заготовка | — | | | | |

Свариваемость

Сваривается без ограничений.
Способ сварки: РД.
Хорошо сваривается в среде защитных газов как без присадки, так и с присадкой проволоки основного состава или состава типа Х18Н9. Не допускается контактная сварка с низколегированной или углеродистой сталью из-за образования хрупких структур.
Дополнительная обработка сварных соединений не требуется

Обработываемость резанием

В состоянии закалки при $\sigma_b = 740$ Н/мм²
K_r = 0,6 (твердый сплав),
K_v = 0,3 (быстрорежущая сталь)

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---|-------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|----------------|--|-------------------------|-------------------------|-----------------|---|--|
| 03X14ГНФ-ВИ | | Лист — ТУ 14-134-325-93. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-134-325-93 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | Cr | Ni | Mo | V | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ag ₁ | Ag ₃ | | |
| ≤ 0,03 | 0,05–0,20 | 0,40–0,70 | 14,0–15,0 | 1,00–2,00 | 0,10–0,30 | ≤ 0,50 | ≤ 0,10 | 680–710 | 750–780 | — | — | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-134-325-93 | Отжиг | 670–700 | С печью | 0,5–5,0 | 295 | 480 | — | — | — | — | 160 | | |
| Назначение. Для изготовления кузовов нового поколения электропоездов, поездов метрополитена, пассажирских вагонов дальнего следования и другого подвижного состава. | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | | | | | |
| Окалиностойкая до температуры 750°С | | | | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | | | |
| | | | | Время, ч | | | | t, °С | | KCV, Дж/см ² | | | |
| | | | | Исходное состояние | | | | | | | | — | |
| | | | | — | | | | — | | | | — | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °С | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | | |
| Общая | | 0,3% раствор H ₂ SO ₄ | | 20 | | | 1 | | | | | | |
| | | 3% раствор H ₂ SO ₄ | | 20 | | | 5 | | | | | | |
| | | 3% раствор NaCl | | 20 | | | 1 | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметрыковки, °С | | | | Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | |
| 1200–800 | | | | Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | | В отожженном состоянии при 160 HB и σ _b = 295 Н/мм ² K _v = 3,9 (твердый сплав) | | | | | |

| | |
|---|--|
| Марка стали | Вид поставки |
| 10X14Г14Н4Т (X14Г14НЗТ, ЭИ 711) | Лист тонкий — ГОСТ 5582–75. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Поковки — ГОСТ 25054–81. Трубная заготовка — ТУ 14–1–170–72. Трубы — ТУ 14–3–59–72. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | |
|--------|--------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|---------------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti |
| ≤ 0,10 | ≤ 0,80 | 13,0–15,0 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 13,0–15,0 | 2,80–4,50 | 5 × (C–0,02) – 0,60 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------|----------------------|-----------|------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 1050–1080 | Вода | 0,7–3,9 | 295 | 690 | 35 | — | — | — | — |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1000–1080 | Вода, масло или воздух | До 60 ¹ | 245 | 640 | 35 | 50 | — | — | — |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 1050–1080 | Воздух или вода | 4,0–5,0 | 245 | 590 | 40 | — | — | — | — |
| ГОСТ 25054–81 | Закалка | 1000–1080 | Вода | До 1000 | 245 | 637 | По согласованию | | | — | — |
| ТУ 14–3–59–72 | Закалка | 1050–1080 | Вода, масло или воздух | — | — | 600 | 35 | — | — | — | — |

¹ Для стали диаметром или толщиной свыше 60 до 100 мм допускается снижение δ на 1%, ψ на 5%; свыше 100 до 150 мм — δ на 3%, ψ на 10%.

Назначение. В качестве жаростойкого и жаропрочного материала, теплообменников. Детали отпусковых печей, сварное оборудование, работающее в средах химических производств слабой агрессивности, а также криогенной техники до температуры минус 253°С.

Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса, может применяться как жаропрочная до 650°С в воздушной среде.

| Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | | Термообработка | Пределы длительной прочности и ползучести [4] | | | | |
|---|---|------|------|-------|-------|----------------|---|---|--|-------------------|-----|
| + 20 | 0 | – 20 | – 60 | – 100 | – 196 | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | |
| — | — | — | 350 | 320 | 190 | — | 1·10 ² | 1·10 ³ | 1/10 ³ | 1/10 ⁴ | |
| — | — | — | — | — | — | — | 600 | 265–274 | 176–196 | 160 | 100 |
| — | — | — | — | — | — | — | 700 | 147–167 | 88–108 | 50 | 28 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-----|----------------------|-----------|-------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Нагрев | 1050–1080 | Вода | Листы 0,8–3,9 поперечное | — | 700 | 35 | — | — | — | — |
| | Нагрев | 1050–1080 | Вода | Листы 3,0–5,0 поперечное | 300 | 700 | 25 | — | — | — | — |
| | Нагрев | 1000–1050 | Вода | Листы 4,0–5,0 поперечное | 250 | 600 | 35 | — | — | — | — |
| | Нагрев | 1050–1080 | Вода | Листы 5,0–6,0 поперечное | 300 | 650 | 35 | — | 150 | — | — |
| | Нагрев | 1000–1080 | Вода | Пруток до 200 продольное | 250 | 650 | 35 | — | — | — | — |

| 10X14Г14Н4Т (X14Г14НЗТ, ЭИ 711) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|--------------------|--------------------|-------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Степень деформации | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| [4] | Закалка | 1050 | Вода | Лист | Исходное состояние | 270 | 730 | 52 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | Деформация обжатием | 20 | 900 | 1050 | 15 | — | — | — | | | | |
| | 40 | 1170 | 1200 | | 10 | — | — | — | | | | | | | | |
| | Деформация растяжением | 12×30×220 из листа | Исходное состояние | 230 | 820 | 59 | 64 | 294 | — | | | | | | | |
| | | | 0,5 | 250 | 810 | 64 | 65 | 283 | — | | | | | | | |
| | | | 10 | 400 | 850 | 57 | 65 | 115 | — | | | | | | | |
| 20 | 630 | 910 | 46 | 64 | 169 | — | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| [15] | Закалка | 1050 | Вода | Прутки | 100 | 196 | 480 | 59 | 78 | 380 | — | | | | | |
| | | | | | 200 | 177 | 410 | 45 | 76 | 380 | — | | | | | |
| | | | | | 300 | 147 | 400 | 43 | 75 | 380 | — | | | | | |
| | | | | | 400 | 147 | 400 | 41 | 75 | 380 | — | | | | | |
| | | | | | 500 | 137 | 380 | 40 | 74 | 380 | — | | | | | |
| | | | | | 600 | 118 | 320 | 35 | 74 | 380 | — | | | | | |
| | | | | | 700 | 108 | 250 | 38 | 60 | 380 | — | | | | | |
| | | | | | 800 | 98 | 160 | 44 | 62 | 350 | — | | | | | |
| | | | | | 900 | 88 | 100 | 66 | 67 | 330 | — | | | | | |
| | | | | | 1000 | — | 50 | 64 | 85 | 270 | — | | | | | |
| | | | | | 1100 | — | 20 | 49 | 74 | 190 | — | | | | | |
| | | | | | 1150 | — | 15 | 43 | 69 | 180 | — | | | | | |
| 1200 | — | 15 | 68 | 60 | 50 | — | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| [4] | Закалка | 1050 | Вода | Лист | 20 | 270 | 730 | 52 | 72 | 250 | — | | | | | |
| | | | | | 12 | 400 | 130 | 460 | 53 | 67 | — | — | | | | |
| | | | | 500 | 110 | 390 | 38 | 63 | — | — | | | | | | |
| | | | | 600 | 90 | 270 | 39 | 62 | — | — | | | | | | |
| | | | | 700 | 80 | 220 | 48 | 63 | — | — | | | | | | |
| | Закалка | 1050 | Вода | Лист | 800 | 100 | 160 | 44 | 62 | 330 | — | | | | | |
| | | | | | 900 | 90 | 100 | 66 | 67 | 330 | — | | | | | |
| | | | | | 1000 | — | 50 | 64 | 85 | 270 | — | | | | | |
| | | | | | 1100 | — | 20 | 49 | 74 | 190 | — | | | | | |
| | | | | | 1200 | — | 15 | 68 | 60 | 180 | — | | | | | |
| | | | | | Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| | | | | | НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ |
| Операция | t, °C | Охлаждающая среда | не менее | | | | | | | | | | | | | |
| [15] | Закалка | 1050 | Вода | Лист | -253 | 450 | 1400 | 31 | — | 260 | — | | | | | |
| | | | | | -196 | 450 | 1300 | 40 | 45 | 320 | — | | | | | |
| | | | | -70 | 300 | 940 | 52 | 68 | 320 | — | | | | | | |
| | | | | 20 | 270 | 730 | 62 | 67 | 320 | — | | | | | | |
| | | | | 400 | 130 | 460 | 53 | 67 | — | — | | | | | | |
| | | | | 500 | 110 | 390 | 38 | 63 | — | — | | | | | | |
| | | | | 600 | 90 | 270 | 39 | 62 | — | — | | | | | | |
| | | | | 700 | 80 | 220 | 48 | 63 | — | — | | | | | | |

| 10X14Г14Н4Т (X14Г14Н3Т, ЭИ 711) | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|-----------------------------------|---|--------------------------------------|--|-------------------|--|--|--|--|
| Пределы длительной прочности и ползучести (прутки, продольные образцы) | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ² | 1·10 ³ | 1/10 ² | 1/10 ⁴ | | | | |
| [5] | Нагрев | 1050 | Вода | 600 | 260 | 180 | 160 | 100 | | | | |
| | | | | 700 | 150 | 90 | 50 | 28 | | | | |
| | | | | 800 | 75 | 42 | 21 | — | | | | |
| | | | | 900 | 35 | 17 | — | — | | | | |
| [15] | Закалка | 1050 | Вода | 600 | 255 | 177 | 157 | 98 | | | | |
| | | | | 700 | 147 | 88 | 49 | 29 | | | | |
| | | | | 800 | 74 | 39 | 20 | — | | | | |
| | | | | 900 | 34 | 17 | — | — | | | | |
| Жаростойкость [4] | | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Длительность, ч | Глубина коррозии, мм/год | Группа или балл стойкости | Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | | |
| Воздух | 700 | — | 0,1 | 5 | Окалиностойкая до 650°С | | | | | | | |
| | 800 | — | 0,35 | 6 | | | | | | | | |
| Жаростойкость [15] | | | | | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Длительность, ч | Скорость окисления, мм/год | Группа или балл стойкости | | | | | | | | |
| Воздух спокойный | 700 | 1000 | 0,1 | — | | | | | | | | |
| | 800 | | 0,35 | — | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | | |
| Общая | | Уксусный ангидрид | | 20 | — | 1 | | | | | | |
| | | | | 80 | — | 2 | | | | | | |
| | | | | 100 | — | 1 | | | | | | |
| | | | | 20% Н ₂ О ₂ | 20 | — | 1 | | | | | |
| | | | | Вода дистиллированная | 20 | — | 2 | | | | | |
| Точечная | | — | — | — | — | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Вода, содержащая Сl ⁻ и О ₂ | | 320 | Разрушение через 100 ч | Напряжение 300–200 Н/мм ² | | | | | | |
| Межкристаллитная | Сталь не склонна к МКК в закаленном состоянии. После нагрева в интервале температур 600–650°С может приобрести склонность к МКК. Проверка на склонность к МКК производится по ГОСТ 6032–2003 метод А после закалки и провоцирующего нагрева до 650°С, выдержка 1 ч. | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [4] | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °С | Глубина коррозии, мм/год | Балл стойкости | | | | | | |
| Общая | | 10% ННО ₃ | | 80 | 0,0291 | — | | | | | | |
| | | | | t _{кип} | 2,5227 | — | | | | | | |
| | | | | t _{кип} | 0,7501 | — | | | | | | |
| 10%-я уксусная кислота | | t _{кип} | 0,7501 | — | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1160–800 | Всех размеров | На воздухе | — | — | — | — | | | | | |
| Заготовка | — | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | Флокочувствительность [4] | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ | | | В состоянии закалки при $\sigma_B = 640$ Н/мм ² K _v = 0,6 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|--|--------------------|--------------------------------------|--|---|--------------------|-------------------------|-----|-----|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
| 04X14H5MГТЮ | | Пруток — ТУ 108.1377–85. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.1377–85 | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mк |
| ≤ 0,04 | ≤ 0,70 | 1,00–1,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 14,0–15,0 | 590 | 760 | — | — | 240 | 120 |
| Ni | | Mo | Ti | Al | B | | | | | | |
| 5,00–6,00 | 0,80–1,10 | 0,10–0,20 | 0,10–0,20 | 0,001–0,003 | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.1377–85 | Закалка | 900–920 | Вода | 120 | 833 | 980 | 13 | 70 | 158 | 30 | — |
| | Закалка | 900–920 | Вода | | 1038 | 1127 | 14 | 65 | 84 | 40 | — |
| | Отпуск | 450 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 900–920 | Вода | | 1048 | 1078 | 16 | 67 | 181 | 38 | — |
| Отпуск | 500 | Воздух | | | | | | | | | |
| Назначение. Зубчатые колеса, вал–шестерни и другие крепежные детали перегрузочной машины системы управления защиты АЭС. | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °С | Длительность, ч | | | Балл стойкости | | |
| Общая | | Борированная вода [H ₂ BO ₃] – 16 г/кг [KOH] – 0,02 ммоль/кг | | | До 350 | 3000 | | | 1 | | |
| Точечная | | Борированная вода [H ₂ BO ₃] – 16 г/кг [KOH] – 0,02 ммоль/кг | | | 350 | 3000 | | | Отсутствует | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см², при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | — | — | | — | | — | | — | | | |
| Заготовка | — | — | | — | | — | | — | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | В закаленном состоянии при 285 HB и σ _n = 980 Н/мм ² K _v = 0,5 (твердый сплав), K _v = 0,24 (быстрорежущая сталь) | | | | — | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | — | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------|---|----------------------------------|---------------------------------------|---|--|------------------------------------|-----------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|----------|-----|---|---|---|
| 05X14H5ДМ | | Поковки. Толстый лист — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk | | | |
| ≤ 0,06 | ≤ 0,40 | 0,40–0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 13,5–15,0 | 4,50–5,50 | 0,60–1,50 | 0,80–1,10 | 620–650 | 720–790 | — | — | 180–250 | 50 | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{нсп} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее | | | | |
| [1, 72-74] | Предварительная | | | φ 870–1270 длина 3500 ¹ | 20 | Поковки корпуса коллектора пароперегревателя | | | | | | | | | — | — | |
| | Гомогенизация | | | | | 1030–1050 | Воздух | 714 | 891 | 21,7 | 67,9 | 148 | — | — | | | |
| | Отпуск | | | | | 600–620 | С печью | 733 | 878 | 22,3 | 69,8 | 168 | — | — | | | |
| | | | | | | | | 100 | 706 | 835 | 20,3 | 64,0 | 177 | — | | | — |
| | | | | | | | | 100 | 692 | 825 | 21,7 | 69,8 | 162 | — | | | — |
| | | | | | | | | 200 | 665 | 785 | 16,7 | 67,9 | 186 | — | | | — |
| | | | | | | | | 200 | 679 | 790 | 17,0 | 64,0 | 176 | — | | | — |
| | | | | | | | | 300 | 618 | 773 | 14,0 | 59,9 | 179 | — | | | — |
| | | | | | | | | 300 | 648 | 769 | 16,7 | 59,9 | 175 | — | | | — |
| | | | | | | | | 350 | 641 | 758 | 14,7 | 62,3 | 182 | — | | | — |
| | | | | | | | | 350 | 630 | 751 | 15,3 | 62,3 | 153 | — | | | — |
| | | | | | | | | 400 | 621 | 747 | 13,3 | 55,6 | 174 | — | | | — |
| | | | | | | | | 400 | 601 | 727 | 14,7 | 62,3 | 174 | — | | | — |
| | | | | | | | | 450 | 599 | 709 | 14,3 | 62,3 | 168 | — | | | — |
| | | | | | | | | 450 | 584 | 721 | 14,3 | 62,3 | 161 | — | | | — |
| | | | | | | 500 | 577 | 633 | 18,0 | 66,0 | 177 | — | — | | | | |
| | | | | | | 500 | 568 | 672 | 16,7 | 64,0 | 177 | — | — | | | | |
| | Нормализация | | | 950, 10 ч | Воздух | 20 | 798 | 955 | 22,5 | 58,7 | 81 | — | — | | | | |
| | Отпуск | | | 610, 20 ч | С печью | 350 | 696 | 768 | 13,8 | 44,9 | 106 | — | — | | | | |
| | Старение | | | 450, 3000 ч | Воздух | 400 | 665 | 752 | 14,2 | 37,0 | 98 | — | — | | | | |
| | | | | | | 450 | 608 | 690 | 15,7 | 48,4 | 93 | — | — | | | | |
| Предварительная термообработка | | | Поковки дисков | | | | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | | | 620–640 | С печью 30°С/ч | ГТЭ – 150 | | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | | | 600–620 | С печью 30°С/ч до 300°С, далее 15°С/ч | Не определяются | | | | | | | | | — — | | | |
| Окончательная термообработка | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Нормализация | | | 960–980 | Воздух | 20 | 748 | 896 | 19,0 | 58,0 | 104 | — | — | | | | | |
| Отпуск | | | 550–570 | Воздух | 20 | 757 | 894 | 19,0 | 59,0 | 104 | — | — | | | | | |
| | | | | | 200 | 688 | 758 | 18,4 | 61,0 | — | — | | | | | | |
| | | | | | 200 | 699 | 755 | 17,0 | 63,0 | — | — | | | | | | |
| | | | | | 500 | 540 | 580 | 13,2 | 64,0 | — | — | | | | | | |
| | | | | | 500 | 541 | 593 | 17,0 | 65,5 | — | — | | | | | | |
| Дополнительная термообработка | | | φ 2110 толщина 460 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Диск I ступени (наружное кольцо) | | | | | | | | | | | | | | |
| Аустенитизация | | | 700–710 | Воздух до 300°С, далее с печью | 20 | 860 | 935 | 26,0 | 59,0 | 82 | — | — | | | | | |
| | | | | | 20 | 850 | 930 | 19,6 | 60,0 | 88 | — | — | | | | | |
| | | | | | 200 | 730 | 795 | 14,0 | 58,0 | — | — | | | | | | |
| | | | | | 200 | 760 | 800 | 15,6 | 59,0 | — | — | | | | | | |
| | | | | | 500 | 590 | 610 | 12,0 | 54,5 | — | — | | | | | | |
| | | | | | 500 | 585 | 605 | 13,2 | 61,0 | — | — | | | | | | |
| Отпуск | | | 480–500 | С печью до 300°С, далее на воздухе | Диск I ступени (внутреннее кольцо 1/3 от поверхности) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 20 | 810 | 910 | 20,0 | 61,0 | 107 | — | — | | | | | |
| | | | | | 20 | 820 | 920 | 20,0 | 56,5 | 111 | — | — | | | | | |
| | | | | | 200 | 740 | 785 | 14,0 | 58,0 | — | — | | | | | | |
| | | | | | 200 | 740 | 775 | 14,6 | 57,0 | — | — | | | | | | |
| | | | | | 500 | 585 | 610 | 12,0 | 57,0 | — | — | | | | | | |
| | | | | | 500 | 595 | 610 | 13,3 | 62,0 | — | — | | | | | | |

| 05X14H5DM | | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|------------|-------------------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t _{исп} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [1, 72-74] | Дополнительная термообработка | | | φ 1840 толщина 680 | Диск IV ступени (наружное кольцо) | | | | | | | |
| | Аустенитизация | 700–710 | Воздух до 300°С, далее с печью | | 20 | 819 | 912 | 20,0 | 59,5 | 90 | — | — |
| | | | | | 20 | 821 | 914 | 20,0 | 59,5 | 94 | — | — |
| | | | | | 200 | 710 | 825 | 13,4 | 57,5 | — | — | — |
| | | | | | 200 | 700 | 805 | 15,0 | 58,0 | — | — | — |
| | | | | | 500 | 565 | 620 | 10,0 | 61,5 | — | — | — |
| | | | | | 500 | 560 | 610 | 10,2 | 59,0 | — | — | — |
| | Отпуск | 480–500 | С печью до 300°С, далее на воздухе | | Диск IV ступени (внутреннее кольцо 1/3 от поверхности) | | | | | | | |
| | | | | | 20 | 820 | 910 | 21,2 | 64,5 | 129 | — | — |
| | | | | | 20 | 810 | 900 | 20,0 | 65,0 | 135 | — | — |
| | | | | | 200 | 695 | 775 | 16,6 | 62,5 | — | — | — |
| | | | | | 200 | 705 | 775 | 15,0 | 67,0 | — | — | — |
| | | | | | 500 | 570 | 595 | 13,3 | 63,0 | — | — | — |
| | Нормализация Отпуск | 1030–1050 570–580 | Воздух | | Лист | | | | | | | |
| 20 | | | | 1019 | 1078 | 12,4 | 43,7 | 111 | — | — | | |
| 20 | | | | 996 | 1049 | 14,0 | 48,6 | 117 | — | — | | |
| 360 | | | | 804 | 921 | 10,0 | 47,4 | 96 | — | — | | |
| 360 | 823 | 907 | 10,0 | 43,7 | 96 | — | — | | | | | |

¹ Механические свойства металла промышленных поковок сечением 200 и 340 мм определяли на образцах, вырезанных в тангенциальном, радиальном и продольном направлениях.

Назначение. Корпусные детали насосов, коллекторов, диски I и IV ступеней газовых турбин, сварно-кованые конструкции рабочих колес гидротурбин, а также сосуды и аппараты, работающие при температуре минус 196°С, и другие детали криогенной техники.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка | |
|--|-----------------|-----------------|--|---|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|---|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | - 196 |
| 375 ² | — | 10 ⁷ | Нормализация 950°С, нормализация 800°С, отпуск 620°С | 148–157 | 153–156 | 143–146 | 132–137 | 118–127 | 116–117 | 46–48 | Нормализация 970°С, отпуск 610°С |
| | | | | 148 | 125 | 153 | 140 | 140 | 117 | 49 | |
| ² Среда испытания — воздух. | | | | 161 | 156 | 147 | 136 | 128 | 116 | 52 | Нормализация 970°С, ^{2ав} нормализация 790°С, отпуск 590°С |

| Коррозионная стойкость [1] | | | | |
|-----------------------------|---|---------|-----------------|---|
| Вид коррозии | Среда | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости |
| Общая | Вода [H ₃ BO ₃] – 16 г/кг, [KOH] – 0,02 г/кг рН 8,25 (борированная вода) | 350 | 3000 | 1 |
| | | 20 | 1500 | 1 |
| | | 100 | 1000 | 1 |
| Точечная | Борированная вода | 350 | 3000 | Отсутствует |
| | | 20 | 1500 | Отсутствует |
| Коррозионное растрескивание | 3% раствор NaCl | Кипение | 1000 | При σ ≥ σ _{0,2} разрушений нет |
| | Вода с [Cl ⁻] – 200 мг/кг | 350 | 2000 | |
| Межкристаллитная | Проверка на стойкость против МКК проводится по инструкции ИЦК 01–99. | | | |

| Технологические характеристики [1] | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|----------------------|--|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–800 | ПС | | До φ 2110 δ = 460 | Кожег при 600–650°С, охлаждение до температуры 100–150°С |
| Заготовка | 1180–850 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием |
|---|--|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД и РАД. Необходимы подогрев и последующая термообработка | В состоянии нормализации и отпуска при σ _b = 935–955 Н/мм ² K _v = 0,42 (твердый сплав), K _v = 0,17 (быстрорежущая сталь) |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|-----------------------|--------------------|---------------------------------------|--|-----------------|-----------------|----------------------------|-----|-------|
| 1X14H14B2M (ЭИ 257) | | Трубы — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | W | Ti | Al | |
| ≤ 0,15 | 0,30–0,80 | ≤ 0,70 | ≤ 0,030 | ≤ 0,035 | 13,0–15,0 | 13,0–15,0 | 0,40–0,60 | 2,00–2,75 | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 1100–1175 | Вода или воздух | Труба ¹ | 220 | 550 | 35 | — | — | — | ≤ 175 |
| ¹ Трубы диаметром до 108 мм проверяются на сплющивание (до соприкосновения сторон) и на раздачу (на 10% наружного диаметра); трубы больших размеров – только на сплющивание (до 3S); S – толщина стенки трубы, мм. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Трубы пароперегревателей, коллекторов и паропроводов сосудов высокого давления для длительных сроков работы при температуре 550–600°C. | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаропрочная аустенитного класса. | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1160–850 | До 300 | В штабелях на воздухе | | До 300 | В штабелях на воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1160–850 | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Для снятия напряжений рекомендуется термообработка. | | В закаленном и отпущенном состоянии при 170 HB и $\sigma_b = 600$ Н/мм ² $K_v = 0,4$ (быстрорежущая сталь) | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| | | | | | | — | — | — | — | | |

| | |
|----------------------------|--|
| Марка стали | Вид поставки |
| 45X14N14B2M (ЭИ 69) | Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Поковки — НД заводов-изготовителей. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | W | Cu |
| 0,40–0,50 | ≤ 0,80 | ≤ 0,70 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 13,0–15,0 | 13,0–15,0 | 0,25–0,40 | 2,00–2,80 | ≤ 0,30 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------|----------------------|----------------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Отжиг или отпуск | ПС | Воздух | До 200 | — | — | — | — | — | — | 197–285 |
| | Высокий отпуск | | | | | | | | | | |
| [1] | Отпуск | 820, 5 ч | Воздух | Образцы | — | — | — | — | — | — | — |
| | Закалка | 1050–1180, 2 ч | Вода | Образцы | 300 | 700 | — | 35 | — | — | 170–210 |
| | Старение | 750, 5 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Отжиг | 820 | С печью | Образцы | 320 | 720 | 35 | — | — | — | — |
| Отжиг | 820 | С печью | Образцы | 320 | 720 | 20 | 35 | 50 | — | — | — |

Назначение. Детали арматуры и трубопроводов, клапаны моторов, крепеж для длительного срока службы при температуре до 600°C и ограниченного при 650°C.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 550°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь жаропрочная аустенитного класса с карбидным упрочнением.

| Предел выносливости, Н/мм ² [5, 8] | | | | Тип образца | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Сечение, мм |
|---|---------------|-------------|-------------------|--|---|------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | +800 | +900 | +1000 | +1100 | +1150 | +1200 | |
| 550 | 340 | — | 5·10 ⁷ | Гладкий С надрезом Гладкий С надрезом | 85 | 83 | 85 | 84 | 36 | 18 | 90×90 |
| 550 | 190 | — | 5·10 ⁷ | | | | | | | | |
| 600 | 320 | — | 5·10 ⁷ | | | | | | | | |
| 600 | 230 | — | 5·10 ⁷ | | | | | | | | |

Пруток, продольные образцы

Механические свойства стали при температуре 20°C (продольные образцы)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-----------|----------------------|-----------------------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [2, 5, 8] | Нагрев | 800, 5 ч | Воздух | До 60 | Прутки, штанги, полосы | | | | | | |
| | | | | | 320 | 720 | 20 | 35 | 50 | — | — |
| | Нагрев Старение | 1150–1180 750, 5 ч | Вода Воздух | До 60 | Детали | | | | | | |
| | | | | | 300 | 700 | — | 35 | — | — | — |

Механические свойства стали при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-----------|----------------------|-----------------------|-------------------|-------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [2, 5, 8] | Нагрев Старение | 1150–1200 750, 5 ч | Вода Воздух | До 60 | 550 | 260 | 580 | 22 | 31 | — | — | — |
| | | | | | 600 | 250 | 500 | 15 | 26 | 65 | — | — |
| | | | | | 650 | 240 | 440 | 12 | 24 | 75 | — | — |
| | | | | | 700 | 220 | 340 | 10 | 22 | 80 | — | — |
| | | | | | 750 | 200 | 280 | 9 | 17 | 83 | — | — |
| | | | | | Прутки (продольные образцы) | | | | | | | |

Механические свойства стали в зависимости от температуры испытаний

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------|----------------------|-------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [1, 16] | Закалка Старение | 1175 750 | Вода Воздух | До 60 | 20 | 372 | 774 | 37 | 48 | 96 | — | — |
| | | | | | 500 | 340 | 650 | 18 | 42 | 73 | — | — |
| | | | | | 550 | 245 | 568 | 22 | 31 | — | — | — |
| | | | | | 600 | 250 | 490 | 15,5 | 16 | 65 | — | — |
| | | | | | 650 | 235 | 436 | 12,5 | 24,5 | 74 | — | — |
| | | | | | 700 | 215 | 338 | 10,5 | 22 | 77 | — | — |
| 750 | 196 | 274 | 8,8 | 17,5 | 81 | — | — | | | | | |

45X14H14B2M (ЭИ 69)

Механические свойства стали после длительного старения

| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-----------|----------------------|-----------|-------------------|----------------|------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | t, ч | | | | | | | |
| [2, 5, 8] | Нагрев | 1150–1200 | Вода | 550 | 1000 | Прутки (продольные образцы) | | | | | | |
| | | | | | | Старение | 750, 5 ч | Воздух | 410 | 860 | — | — |
| | 270 | 570 | 23 | | | | | | — | — | — | — |
| | 600 | 1000 | 260 | | | 550 | 17 | — | — | — | — | |
| | | | 250 | | | 420 | 15 | — | — | — | — | |
| | | | 410 | | | 820 | 18 | 36 | 60 | — | — | |
| | | | 310 | | | 620 | — | 28 | — | — | — | |
| | 700 | 1000 | 320 | | | 560 | — | 19 | — | — | — | |
| | | | 280 | | | 410 | 15 | 30 | — | — | — | |
| | | | 430 | | | 820 | — | 32 | 75 | — | — | |
| | | | 260 | | | 490 | 20 | 46 | — | — | — | |
| | 270 | 470 | — | | | 44 | — | — | — | — | — | |
| 260 | | | | 400 | 17 | | | | | | | 39 |

Механические свойства сварного соединения

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------|----------------------|-------|-------------------|----------------|-------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5, 8] | Отпуск | 750 | Воздух | Образцы | 20 | 470 | 730 | 33 | 48 | 70 | — | — |
| | | | | | 450 | 300 | 580 | 32 | 43 | 73 | — | — |
| | | | | | 650 | 310 | 450 | 45 | 29 | 75 | — | — |

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
|-----------|----------------------|-----------|-------------------|----------|---|-------------------|--|-------------------|----|-----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | |
| [2, 5, 8] | Нагрев | 1150–1200 | Вода | 600 | 180 | 80 | 180 | 150 | | | |
| | | | | Старение | 750, 5 ч | Воздух | 650 | 80 | 40 | 130 | 100 |
| | | | | | | | 700 | 37 | 16 | 26 | — |

При длительных испытаниях в течение 1500 ч при 700°C относительное удлинение составляет 6%.

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1160–850 | До 300 | В штабелях на воздухе | До 300 | В штабелях на воздухе |
| Заготовка | 1160–850 | | | | |

Свариваемость

Трудно свариваемая.
Способы сварки: РД, РАД и КТ.
Для снятия сварочных напряжений рекомендуется последующая термообработка

Обработываемость резанием

В закаленном состоянии при 210 НВ и $\sigma_{в} = 700$ Н/мм²
 $K_v = 0,7$ (твердый сплав),
 $K_r = 0,25$ (быстрорежущая сталь)

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Марка стали | Вид поставки | | | | | | | |
| 09X14N16B (ЭИ 694) | Трубы, прутки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | |

| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72 | | | | | | | | |
|---|--------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Nb | Ce |
| 0,07-0,12 | ≤ 0,60 | 1,00-2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 13,0-15,0 | 14,0-17,0 | 0,90-1,30 | ≤ 0,020 |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| | Закалка | 1100-1140 | Вода или воздух | Пруток | 250 | 570 | 51 | 73 | 210 | — | — |

Назначение. Трубы пароперегревателей и трубопроводы установок сверхвысокого давления для длительной службы при температурах до 650°C.

Сталь жаропрочная аустенитного класса.

| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | |
|---|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [5] | 600 | 270 | 200 | — | — |
| | 650 | 168 | 130 | 110 | 140 |
| | 700 | 125 | 95 | 65 | 85 |
| | 750 | 70 | 55 | — | — |

| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | Закалка | 1140-1160 | Вода | Пруток | 20 | Образцы продольные | | | | | | |
| | | | | | | 250 | 570 | 51 | 73 | 210 | — | |
| | | | | | | 600 | 180 | 400 | 32 | 61 | 330 | — |
| | | | | | | 650 | 160 | 360 | 33 | 60 | — | — |
| | | | | | | 700 | 160 | 330 | 32 | 51 | 330 | — |

| Механические свойства при температуре 20°C после длительного старения (образцы продольные) | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------|-------------------|-------------|--------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | |
| [5] | Закалка | 1140-1160 | Вода | Пруток | Исходное состояние | | — | — | — | — | 210 | 149 |
| | | | | | 600 | 500 | — | — | — | — | 167 | 145 |
| | | | | | 600 | 1000 | — | — | — | — | 174 | 151 |
| | | | | | 600 | 2500 | — | — | — | — | 140 | 154 |
| | | | | | 600 | 5000 | — | — | — | — | 135 | 156 |
| | | | | | 650 | 500 | — | — | — | — | 149 | 147 |
| | | | | | 650 | 1000 | — | — | — | — | 155 | 154 |
| | | | | | 650 | 2500 | — | — | — | — | 164 | 143 |
| | | | | | 650 | 5000 | — | — | — | — | 130 | 147 |
| | | | | | 700 | 1000 | — | — | — | — | 147 | 147 |
| | | | | | 700 | 2500 | — | — | — | — | 147 | 143 |

09X14H16Б (ЭИ 694)

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [5] | Закалка | 1140 | Вода | 600 | Пруток (образцы продольные) | | | |
| 170 | | | | | 120 | 160 | 100 | |
| 650 | | | | | 110 | 77 | 100 | 65 |
| | | | | 700 | 65 | 40 | 55 | 37 |

Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч

Жаростойкость

| | | | | |
|---|-------|-------|---------------------------|-------------------|
| — | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч |
|---|-------|-------|---------------------------|-------------------|

Чувствительность к охрупчиванию при старении

| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² |
|--------------------|-------|-------------------------|
| Исходное состояние | | — |
| — | — | — |

Начало интенсивного окалинообразования в воздушной среде при температуре 850°C

Технологические характеристики [5]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1150–900 | До 350 | На воздухе | — | — |
| Заготовка | — | | | | |

Свариваемость

Обрабатываемость резанием

Деформируемость

| | | |
|--|---|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. Для сварки применяют электроды АЖ 13–15 | В закаленном состоянии при $\sigma_b = 570$ Н/мм ² $K_v = 0,65$ (твердый сплав), $K_v = 0,45$ (быстрорежущая сталь) | Сталь хорошо деформируется в холодном состоянии |
|--|---|---|

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
| 09X14H19B2BP (ЭИ 695P) | | Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Трубная заготовка, трубы — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Nb | W | Ce | B | Cu |
| 0,07–0,12 | ≤ 0,60 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 13,0–15,0 | 18,0–20,0 | 0,90–1,30 | 2,00–2,80 | ≤ 0,020 | ≤ 0,005 | ≤ 0,30 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1140–1160 | Воздух | До 200 | 215 | 510 | 35 | 50 | — | — | — |
| [1] | Аустенитизация | 1090–1130 | Вода | — | 215 | 490 | 38 | 50 | 140 | — | 200 |
| | Аустенитизация | 1100–1150 | Вода или воздух | — | 215 | 540 | 35 | 50 | 140 | — | 200 |
| | Аустенитизация | 1140–1160 | Вода или воздух | — | 220 | 550 | 35 | 50 | 140 | — | 200 |

Назначение. Трубы пароперегревателей, паропроводов, коллекторов сосудов высокого давления и другие детали, работающие при температуре до 700°C.

Сталь жаропрочная аустенитного класса.

Механические свойства при комнатной температуре (образцы продольные)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
|--|---|--|-------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | Прутки, штанги полосы | | | Образцы | не менее | | | | | | | |
| | Закалка | 1140–1160 | Воздух | | 220 | 520 | 35 | 50 | — | — | — | |
| | Трубная заготовка | | | | — | 220 | 500 | 38 | 50 | 140 | — | — |
| | Закалка | 1100 ⁺³⁰ ₋₁₀ | Вода | | | | | | | | | |
| | Бесшовные трубы паропроводные, коллекторные | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1100 ⁺⁵⁰ ₋₁₀ 20 мин | Вода | | | | | | | | | |
| Бесшовные трубы горячекатаные | | | | | | | | | | | | |
| Состояние поставки | | | — | 550 ¹ | 40 | — | — | — | — | — | | |
| Бесшовные трубы холоднотянутые, холоднокатаные, теплокатаные | | | — | — | 550 | 35 | — | — | — | — | — | |
| Закалка | 1140–1180 | Воздух | | | | | | | | | | |

¹ Для толстостенных труб с отношением (наружный диаметр трубы, мм)/(минимальная толщина трубы, мм) ≤ 0,8 допускается снижение предела прочности (σ_b) на 20 Н/мм².

Механические свойства стали при температуре 20°C после эксплуатации

| НД | Режим эксплуатации | | | Сечение, мм | τ , ч | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
|-----|--------------------|---------|----------------------|-------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | R, Н/мм ² | | | | | | | | |
| [5] | — | 600–700 | 220–300 | Образцы | — | 230 | 560 | 42 | 45 | 150 | — |
| | | | | | 4000 | 290 | 600 | 34 | 31 | 100 | — |
| | | | | | 6700 | 290 | 600 | 35 | 38 | 80 | — |
| | | | | | 10000 | 330 | 600 | — | — | 80 | — |
| | | | | | 20340 | 260 | 570 | 26 | 26 | 60 | — |
| — | 600–700 | 220–300 | Образцы | — | 350 | 680 | 42 | 41 | 170 | — | |
| | | | | 6030 | 330 | 690 | 31 | 38 | 100 | — | |
| | | | | 13630 | 340 | 635 | 35 | 35 | 100 | — | |
| | | | | 16340 | 330 | 650 | 28 | 37 | 100 | — | |

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|-----|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [5] | 600 | 270 | 200 | — | — |
| | 650 | 168 | 130 | 110 | 140 |
| | 700 | 125 | 95 | 65 | 85 |
| | 750 | 70 | 55 | — | — |

09X14H19B2BP (ЭИ 695P)

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------|-----------|-------------------|--|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [5] | Закалка | 1100–1150 | Воздух или вода | Прутки ø18–45 Трубная заготовка ø105, ø175 | | не менее | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Образцы продольные | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 20 | 200 | 480 | 42 | 61 | 140 | | 131 | | | | | | |
| | | | | | | 100 | — | — | — | — | 300 | | — | | | | | | |
| | | | | | | 200 | — | — | — | — | 260 | | — | | | | | | |
| | | | | | | 300 | 130 | 400 | 30 | 50 | 250 | | — | | | | | | |
| | | | | | | 400 | 130 | 400 | 32 | 57 | 280 | | — | | | | | | |
| | | | | | | 500 | 130 | 400 | 28 | 57 | 350 | | — | | | | | | |
| | | | | | | 550 | — | — | — | — | 360 | | — | | | | | | |
| | | | | | | 600 | 130 | 400 | 27 | 47 | 190 | | — | | | | | | |
| | | | | | | 650 | 130 | 350 | 24 | 49 | 190 | | — | | | | | | |
| | | | | | | 700 | 110 | 310 | 25 | 46 | 120 | | — | | | | | | |
| | | | | | | 750 | 110 | 250 | 43 | 74 | 320 | | — | | | | | | |
| | | | | | | 800 | 110 | 185 | 52 | 75 | 310 | | — | | | | | | |
| | | | | | | Образцы поперечные | | | | | | | 20 | 200 | 520 | 21 | 24 | 42 | — |
| | | | | | | Образцы продольные | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Трубы ø32×7,5; ø152×23 | 20 | 220 | 520 | 43 | 65 | | 170 | 131 | | | | | |
| | | | | | | | 600 | 180 | 460 | 33 | 60 | | 177 | — | | | | | |
| | | | | | | | 650 | 140 | 370 | 30 | 61 | | 190 | — | | | | | |
| | | | | | | | 700 | 130 | 330 | 33 | 59 | | 170 | — | | | | | |
| 750 | 130 | 270 | 38 | 70 | 180 | | — | | | | | | | | | | | | |
| 800 | 130 | 220 | 40 | 73 | 190 | | — | | | | | | | | | | | | |
| Образцы тангенциальные | | | | | | | 20 | 240 | 560 | 45 | 65 | 170 | — | | | | | | |

Механические свойства при температуре 20°C после длительного старения (продольные образцы)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-----------|-------------------|-------------|--------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | |
| [5] | — | 1050–1150 | Вода | Прутки | Исходное состояние | | 285 | 635 | 44 | 69 | 175 | 143 |
| | | | | | 600 | 5000 | — | — | — | — | 137 | 156 |
| | | | | | 650 | 5000 | 310 | 660 | 40 | 58 | 120 | 160 |
| | | | | | 650 | 10000 | 290 | 660 | 39 | 60 | 100 | — |
| | | | | | 700 | 5000 | 303 | 657 | 35 | 54 | 120 | — |
| | | | | | 700 | 10000 | 277 | 655 | 38 | 59 | 120 | — |
| | | | | | 750 | 5000 | 250 | 629 | 40 | 57 | 130 | — |
| | | | | | 750 | 10000 | 285 | 633 | 38 | 64 | 140 | — |
| | | | | | 800 | 5000 | 263 | 585 | 38 | 53 | 130 | — |
| 800 | 10000 | 290 | 607 | 39 | 65 | 153 | — | | | | | |

Механические свойства стали при температуре 20°C после испытания на ползучесть

| НД | Режим термообработки | | | Ползучесть | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-------|-------------------|--------------------|------------------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | σ , Н/мм ² | τ , ч | | | | | | |
| [5] | — | 1140 | Вода | Исходное состояние | | | 220 | 570 | 44 | 71 | 185 | — |
| | | | | 650 | 110–130 | 2800–2700 | 260 | 570 | 33 | 56 | 185 ¹ | 131 |
| | | | | 660 | 150 | 1700 | 380 | 490 | 30 | 20 | — | — |
| | | | | 700 | 55–110 | 2100–6700 | 248 | 540 | 32 | 50 | 120 ¹ | 128 |

¹ Образцы диаметром 10 мм с кольцевой выточкой глубиной 1 мм.

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1160–850 | — | На воздухе | — | На воздухе |
| Заготовка | 1160–850 | | | | |

Свариваемость

Обработываемость резанием

Трудно свариваемая.
Способы сварки: РД, РАД и КТ.
Рекомендуется последующая термообработка

В отожженном состоянии
при 200 НВ и $\sigma_b = 510$ Н/мм²
 $K_v = 1,0$ (твердый сплав),
 $K_v = 0,35$ (быстрорежущая сталь)

| | |
|-----------------------------------|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 09X14H19B2BP1 (ЭИ 726) | Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Прутки — ТУ 14–1–2865–80. Сортовой прокат — НД заводов–изготовителей. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|---------|---------|-----------|-------------|-----------|---------|-----------|--------|---------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Nb | B | W | Cu | Ce |
| 0,07–0,12 | ≤ 0,60 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 13,0–15,0 | 18,00–20,00 | 0,90–1,30 | ≤ 0,025 | 2,00–2,80 | ≤ 0,30 | ≤ 0,020 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
|--------------|----------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1120–1140 | Воздух | До 200 | 215 | 510 | 30 | 44 | — | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 740–760 (5 ч) | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Аустенитизация | 1140–1160 | Вода | До 250 ¹ | 220 | 500 | 25 | 30 | 59 | — | — | | | | | |
| | Старение | 740–760, (25 ч) | С печью | | | | | | | | | | | | | |
| | Аустенитизация | 1140–1160 | Вода | 600–1000 ¹ (бочка ротора) | 240–230 | 550–520 | 30–25 | 36–30 | 59 | — | — | | | | | |
| | Старение | 740–760, (25 ч) | С печью | | | | | | | | | | | | | |

¹ Образцы тангенциальные.

Назначение. Лопатки, роторы, диски, работающие при температуре до 700°C.

Сталь жаропрочная аустенитного класса.

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–800 | | На воздухе | | На воздухе |
| Заготовка | 1160–800 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Температура критических точек, °C | | | |
|--|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Рекомендуется последующая термообработка. | В термообработанном состоянии при 158 HB и $\sigma_B = 580$ Н/мм ² K _c = 0,7 (твердый сплав), K _c = 0,25 (быстрорежущая сталь) | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| | | — | — | — | — |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|-------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|--|----------------------------------|--|----------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|--|--|--|--|
| 06X15H6МБФ | | Лист толстый — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов ¹ , % | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Nb | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk | | | | |
| ≤ 0,06 | ≤ 0,40 | ≤ 0,40 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 13,5–15,0 | 5,50–6,00 | 0,35–0,60 | 0,05–0,08 | ≤ 0,60 | 0,05–0,10 | 640–650 | 760–770 | — | — | 200 | 50 ² | | | | |
| ¹ В сталь вводятся по расчету Al – 0,1%, Се – 0,1%, Са – 0,02%, Ti – 0,02%. | | | | | | | | | | | ² Температура нагрева 950°С. | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU ₂ , Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Состояние поставки | | | 120 × × 2600 × × 6900 | не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Верх листа | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 720 | 960 | 16,0 | 54 | 103–105 | — | 300 | | | | | | | | | |
| | | | | | 740 | 980 | 17,5 | 56 | 103–105 | — | 300 | | | | | | | | | |
| | | | | | Низ листа | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 780 | 990 | 18,0 | 56 | 93–97 | — | 321 | | | | | | | | | |
| | | | | | 800 | 990 | 18,5 | 60 | 93–97 | — | 321 | | | | | | | | | |
| | | | | | Середина листа | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 770 | 980 | 17,0 | 57 | 115–122 | — | 311 | | | | | | | | | |
| | | | | | 780 | 980 | 17,5 | 58 | 115–122 | — | 311 | | | | | | | | | |
| | | | | | Состояние поставки | | | 120 × × 2600 × × 7130 | Верх листа | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 730 | 960 | 18,5 | 54 | 96–104 | — | 293 | | | | | |
| 730 | 980 | 18,5 | 56 | 96–104 | | | | | — | 293 | | | | | | | | | | |
| Низ листа | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 720 | 970 | 18,5 | 57 | 112–115 | | | | | — | 311 | | | | | | | | | | |
| 720 | 970 | 19,5 | 58 | 112–115 | | | | | — | 311 | | | | | | | | | | |
| Середина листа | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 740 | 970 | 18,0 | 55 | 116–118 | | | | | — | 302 | | | | | | | | | | |
| 750 | 970 | 18,5 | 57 | 116–118 | | | | | — | 302 | | | | | | | | | | |
| Назначение. Детали сварно-кованных и штампованных конструкций, лопасти и рабочие колеса гидротурбин, гребные винты и др. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Кавитационная стойкость | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 мм проката стали марки 06X15H6МБФ в сравнении с гидротурбинными марками сталей | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Марка стали | | Потери массы, мг | | | σ _{0,2} , Н/мм ² | HB | Коэффициент стойкости стали относительно эталона | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 ч | 2 ч | 3 ч | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06X15H6МБФ (верх листа) | | 7,2 | 18,0 | 33,7 ³ | 730 | 269 | 2,07 | | | | | | | | | | | | | |
| 06X15H6МБФ (середина листа) | | 8,2 | 21,9 | 33,5 | 770 | 269 | 2,09 | | | | | | | | | | | | | |
| 06X15H6МБФ (низ листа) | | 8,6 | 19,9 | 30,8 | 790 | 269 | 2,27 | | | | | | | | | | | | | |
| 06X12H3Д | | 13,0 | 31,4 | 50,3 | 550 | 230 | 1,39 | | | | | | | | | | | | | |
| 10X12HД | | 15,5 | 43,0 | 75,0 | 550 | 190 | 0,93 | | | | | | | | | | | | | |
| 06X16H5Д | | — | — | 45,0 | 600 | 250 | 1,56 | | | | | | | | | | | | | |
| 12X18H10Т (эталон) | | — | — | 70,0 | 200 | 130 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | |
| Ст3 | | — | — | 243,0 | 250 | 150 | 0,29 | | | | | | | | | | | | | |
| Испытания проводили в водопроводной воде на низкочастотной магнитострикционной установке мощностью 600 Вт при амплитуде колебаний никелевого вибратора 70 мкм с частотой 4000 Гц. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ³ Средние по замерам 3 образцов. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Среда | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка | | | | | | | | | | |
| | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 490 | — | 10 ⁷ | | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 400 | — | 10 ⁷ | | Вода пресная | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | | | | | |
| Слиток | 1200–900 | — | | Замедленное до температуры отпуска 620–640°С | | | — | | Замедленное до температуры отпуска 600–630°С | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1100–980 | — | | Замедленное до температуры отпуска 620–640°С | | | — | | Замедленное до температуры отпуска 600–630°С | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | | | | | | | | |
| Ограничено свариваемая. Способы сварки: РД, РАД под флюсом и газовой защитой, ЭШ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. КТ – без ограничений | | | | В состоянии поставки при 293 HB и σ _b = 980 Н/мм ² K _v = 0,4 (твердый сплав) | | | | Не чувствительна | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | | | | | | | |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Марка стали | Вид поставки |
| 10X15H9C3Б1-Ш (ЭП 302-Ш) | Сортовой прокат. Лист — ТУ 0900-008-05764417-99. Трубная заготовка — ТУ 14-1-1174-75. Трубы — ТУ 14-3-211-74. |

| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Nb | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,08–0,12 | 2,20–3,00 | 0,40–0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,035 | 14,0–16,0 | 8,00–10,0 | 0,70–1,00 | ТУ 14-1-1174-75 ТУ 14-3-211-74 | — | — | — | — |
| 0,08–0,12 | 2,20–3,00 | 0,40–0,80 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | 14,0–16,0 | 8,00–10,0 | 0,70–1,00 | ТУ 0900-008-05764417-99 | — | — | — | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------------|-------------------------------|-------|-------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-1174-75 | Аустенитизация | 1100 | Воздух | ø 85–90 | 245 | 588 | 25 | — | 98 | — | — |
| ТУ 14-3-211-74 | В термообработанном состоянии | | | ø 10–52 s 0,4–3,5 | 245 | 588 | 25 | — | — | — | — |
| ТУ 0900-008-05764417-99 | В термообработанном состоянии | | | От 16 до 300 | 245 | 590 | 25 | 40 | — | — | — |

Назначение. Для конструкций атомных энергоустановок, работающих в контакте с жидкометаллическим теплоносителем.

| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | | |
|-------------------------------------|-------|---------------------------|-------------------|--|--|-------|--|-------------------------|--|
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | |
| Окалиностойкая до температуры 700°С | | | | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | |
| | | | | Время, ч | | t, °С | | KCU, Дж/см ² | |
| | | | | Исходное состояние | | | | — | |
| | | | | Склонна к отпускной хрупкости после длительной выдержки при температуре 475°С. | | | | | |

Коррозионная стойкость

| Вид коррозии | Среда | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости |
|--|--|-------|-----------------|--|
| Общая | Вода, содержащая 5 мг/кг Cl ⁻ и 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | 365 | 2000 | 1 |
| | | | 3000 | |
| Контактная (в контакте со сталью марки 08X18H10T) | Вода, содержащая 5 мг/кг Cl ⁻ и 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | 320 | 500 | 2 |
| | | | 1000 | 2 |
| Точечная | | | | |
| Коррозионное растрескивание | Вода, содержащая 50 мг/кг Cl ⁻ и 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | 350 | | Разрушение в интервале 700–1000 ч при σ > σ _{0,2} |
| | | 320 | | Разрушение в интервале 130–540 ч при σ > σ _{0,2} |
| Межкристаллитная | Не склонна по методу АМ в состоянии аустенитизации при 1050–1100°С. | | | |

Технологические характеристики

| Температурные параметрыковки, °С | Свариваемость | Обрабатываемость резанием |
|----------------------------------|--|--|
| 1150–800 | Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Рекомендуется последующая термообработка. | В состоянии аустенитизации при σ _в = 590 Н/мм ² K _v = 0,9 (твердый сплав), K _r = 0,5 (быстрорежущая сталь) |

| Марка стали | | | Вид поставки | | | | | | | | |
|---|----------------------------|-----------------|--|---|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|----|
| 08X15H24B4TP (ЭП 164) | | | Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Сортовой прокат — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | B | W | Ti | Ce | |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,60 | 0,50–1,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 14,0–16,0 | 22,0–25,0 | ≤ 0,005 | 4,00–5,00 | 1,40–1,80 | ≤ 0,025 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Не оговаривается | | | До 200 | не менее | | | | | — | — |
| [1] | Прутки, продольные образцы | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1130–1150, 2 ч | Воздух | | 450 | 750 | 18 | 35 | 80 | — | — |
| | Старение | 730–750, 16 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 700, 16 ч | Воздух | | 500 | 750 | 20 | 30 | 120 | — | — |
| | Стабилизация ¹ | 750, 16 ч | Воздух | | 500 | 750 | 18 | 35 | 80 | — | — |
| ¹ При пониженных пластических свойствах проводится дополнительное старение при температуре 850°C. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Рабочие и направляющие лопатки, крепежные детали, диски газовых турбин с длительным сроком службы при температурах до 700°C. | | | | | | | | | | | |
| Сталь может выплавляться с применением ВДП, ЭСП. | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаропрочная аустенитного класса. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | Относительное удлинение образцов после длительных испытаний [5] | | | | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | t, °C | τ , ч | δ , % | | | | | |
| 420 | — | 10 ⁸ | Отпуск 700°C, 16 ч, воздух | 600 | 9500 | 3 | | | | | |
| | | | | 650 | 9000 | 4 | | | | | |
| | | | | 700 | 13000 | 9 | | | | | |
| | | | | 750 | 9000 | 17 | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Образцы продольные | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1130–1150, 2 ч | Воздух | Прутки | 20 | 450 | 750 | 18 | 35 | 80 | — |
| | Старение | 730–750, 16 ч | Воздух | | 700 | 400 | 600 | 10 | 16 | — | — |
| | Отпуск | 700, 16 ч | Воздух | Прутки | 20 | 500 | 750 | 20 | 30 | 120 | — |
| | | | | | 650 | 450 | 650 | 18 | 30 | 100 | — |
| | | | | | 700 | 400 | 600 | 18 | 30 | 100 | — |
| | | | | | 750 | 350 | 500 | 20 | 40 | 100 | — |

| 08X15H24B4TP (ЭП 164) | | | | | | | | | |
|---|----------------------|----------------|-------------------|-------|---|-------------------|-------------------|--|-------------------|
| Пределы длительной прочности и ползучести (прутки, образцы продольные) | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [5] | Закалка | 1130–1150, 2 ч | Воздух | 600 | 500 | 499 | 300 | — | — |
| | Старение | 730–750, 16 ч | Воздух | 650 | 400 | 290 | 230 | 200 | 140 |
| | | | | 700 | 250 | 180 | 140 | — | — |
| | | | | 750 | 180 | 120 | 80 | 80 | 60 |

| Механические свойства при температуре 20°C после изотермической выдержки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|----------------|-------------------|-------------------------|------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Изотермическая выдержка | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ, ч | | | | | | |
| [5] | Прутки. | | | Без выдержки | | — | — | — | — | 120 | 255 |
| | Закалка | 1130–1150, 2 ч | Воздух | 600 | 1000 | — | — | — | — | 60 | 285 |
| | | | | 600 | 2500 | — | — | — | — | 60 | 285 |
| | Старение | 730–750, 16 ч | Воздух | 700 | 1000 | — | — | — | — | 90 | 285 |
| | | | | 700 | 2500 | — | — | — | — | 70 | 285 |
| | | | | 750 | 1000 | — | — | — | — | 55 | 285 |
| | | | | 750 | 2500 | — | — | — | — | 40 | — |
| | | | | 800 | 1000 | — | — | — | — | 80 | 187 |
| | | | | 800 | 2500 | — | — | — | — | 60 | 187 |

| Релаксационная стойкость (прутки, образцы продольные) | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------|-------------------|-------|------------------------------------|--|-----|------|-------|-------|-------|----|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ ₀ , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ _т , Н/мм ² , за время τ, ч | | | | | | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 150 | 500 | 1000 | 2000 | 5000 | 10000 | |
| [5] | Закалка | 1130–1150, 2 ч | Воздух | 550 | 20 | 155 | 154 | 153 | 152 | — | (152) | — |
| | | | | 550 | 25 | 219 | 218 | 218 | 218 | (216) | (200) | — |
| | | | | 550 | 30 | 273 | 273 | 271 | 269 | (265) | (249) | — |
| | Старение | 730–750, 16 ч | Воздух | 600 | 20 | 185 | 183 | 182 | 179 | (176) | (166) | — |
| | | | | 600 | 25 | 227 | 226 | 224 | 219 | (213) | (198) | — |
| | | | | 600 | 30 | 268 | 266 | 266 | 263 | (256) | (243) | — |
| | | | | 650 | 20 | 177 | 174 | 169 | 162 | — | 132 | — |
| | | | | 650 | 25 | 204 | 198 | 189 | 186 | — | 153 | — |
| | | | | 650 | 30 | 248 | 245 | 236 | 228 | — | (188) | — |
| | Старение | 730–750, 16 ч | Воздух | 680 | 20 | 159 | 154 | 147 | 139 | (124) | 102 | — |
| | | | | 680 | 25 | 203 | 199 | 190 | 179 | (163) | 125 | — |
| | | | | 680 | 30 | 233 | 225 | 216 | — | (195) | (148) | — |
| | | | | 700 | 20 | 162 | 143 | 131 | 123 | (108) | (85) | — |
| | | | | 700 | 25 | 189 | 174 | 159 | 148 | (134) | (100) | — |
| | | | 700 | 30 | 238 | 210 | 179 | 172 | (156) | (113) | — | |

В скобках приведены экстраполированные значения.

Технологические характеристики [1]

| | | | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–850 | Всех размеров | На воздухе | — | На воздухе |
| Заготовка | 1180–850 | | | | |

| | |
|---|---|
| Свариваемость | Обрабатываемость резанием |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Рекомендуется последующая термообработка | В термообработанном состоянии при 215–228 НВ и σ _в = 750 Н/мм ² K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,38 (быстрорежущая сталь) |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|-------------------------|------------------------------------|---|--------------------------------|--------------|---------------------------------|-------------------------|---------|-----|
| 07X16H4Б, 07X16H4Б-Ш | | Поковки — ГОСТ 25054–81, ТУ 14–1–3570–83. Крепежные детали — ГОСТ 23304–78. Сортовой прокат — ТУ 14–1–3573–83, ТУ 108.11.853–87. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | НД | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Nb | Cu | | ГОСТ 23304–78 | | |
| 0,05–0,10 | ≤ 0,60 | 0,20–0,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 15,00–16,50 | 3,50–4,50 | 0,20–0,40 | ≤ 0,20 | | ГОСТ 23304–78 | | |
| 0,05–0,10 | ≤ 0,60 | 0,20–0,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 15,00–16,50 | 3,50–4,50 | 0,20–0,40 | ≤ 0,30 | | ГОСТ 5632–72 | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 25054–81 | Закалка | 1050 | Масло | До 200 | 690 | 882 | 14 | 55 | 88 | — | 269–302 | |
| | Отпуск (1 ступень) | 650 | Воздух | Свыше 200 до 500 | 690 | 882 | 12 | 45 | 69 | — | 269–302 | |
| | Отпуск (2 ступень) | 635 | Воздух | Свыше 500 до 1000 | 690 | 882 | 11 | 40 | 59 | — | 269–302 | |
| Допускаемое снижение норм механических свойств, % | | | | | | | | | | | | |
| Показатели механических свойств | | для поперечных образцов | | для радиальных образцов | | для тангенциальных образцов поковок диаметром | | | | | | |
| | | | | | | до 300 мм | | | свыше 300 мм | | | |
| Предел прочности | | 10 | | 10 | | 5 | | | 5 | | | |
| Предел текучести | | 10 | | 10 | | 5 | | | 5 | | | |
| Относительное удлинение | | 50 | | 35 | | 25 | | | 30 | | | |
| Относительное сужение | | 40 | | 35 | | 20 | | | 25 | | | |
| Ударная вязкость | | 50 | | 40 | | 25 | | | 30 | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | КП |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23304–78 | Закалка | 1040–1060 | Масло | До 180 | 20 | Болты и шпильки | | | | | | |
| | | | | | | 735–882 | 882 | 13 | 50 | 83 | 269–302 | 735 |
| | Отпуск | 640–660 | Воздух | | 350 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | | | | |
| | | | | | | 588 | — | — | — | — | — | — |
| Закалка | 1040–1050 | Масло | До 180 | 20 | 686–833 | 833 | 13 | 50 | 59 | 229–262 | 685 | |
| | | | | | Отпуск | 650–660 | Воздух | 350 | Гайки, плоские подкладные шайбы | | | |
| 539 | — | — | | — | | | | | — | — | — | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | |
| 1. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм, указанных в таблице для $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , ψ , KCU соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%. | | | | | | | | | | | | |
| 2. Для крепежных деталей групп качества 0, 0a и 1 производить дополнительно определение ударной вязкости KCV на образцах типа 11 по ГОСТ 9454–78. | | | | | | | | | | | | |
| 3. На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футурки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям. | | | | | | | | | | | | |
| 4. В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин. Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более. | | | | | | | | | | | | |
| 4. Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3a контролируют детали диаметром резьбы М24 и более. | | | | | | | | | | | | |
| 5. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 735; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 685. | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Детали и узлы основного оборудования и трубопроводов. Крепежные детали турбин и фланцевых соединений реакторов, парогенераторов, сосудов, паропроводов и аппаратуры. | | | | | | | | | | | | |
| Предназначается для изготовления объектов атомной энергетики, химической промышленности, высокопрочных деталей изделий судового машиностроения, сварных узлов различного оборудования. | | | | | | | | | | | | |
| Наибольшей коррозионной стойкостью обладает после закалки с низким отпуском (до 400°С). | | | | | | | | | | | | |
| Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°С (ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая мартенситного класса. | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Ковка [1] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1180–850 | 250 | В колодце | | 250 | В колодце | | | | | | |
| Заготовка | 1180–850 | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость [11] | | | Обрабатываемость резанием [1, 7] | | | Флокеночувствительность [1, 7] | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | | В состоянии закалки и отпуска при $\sigma_a = 880$ Н/мм ² $K_a = 0,5$ (твердый сплав) | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости [1, 7] Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|---|---|----------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|-------|
| 09X16H4Б, 09X16H4Б-Ш | | Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Лист — ГОСТ 5582–75, ГОСТ 7350–77. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb | Cu | V | |
| 0,08–0,12 | ≤ 0,60 | ≤ 0,50 | ≤ 0,015 | ≤ 0,030 | 15,00–16,50 | 4,00–4,50 | — | 0,05–0,15 | ≤ 0,30 | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Горячекатаная и кованая сталь в отожженном или отпущенном состоянии | | | г/к и кованая до 200 калибро- ванная, до 70 | Не определяются | | | | | — | ≤ 321 |
| | I вариант | | | | 835 | 980 | 8 | 45 | 59 | — | — |
| | Нагрев | 1140–1160, 5–5,5 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 600–620 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1030–1050 | Воздух или масло | | | | | | | | |
| | Отпуск | 600–620 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1030–1050 | Воздух или масло | | | | | | | | |
| | Отпуск | 600–620 | Воздух | | | | | | | | |
| | II вариант | | | | 930 | 1180 | 8 | 40 | 59 | — | — |
| | Нагрев | 1140–1160, 5–5,5 ч | Воздух | | | | | | | | |
| Отпуск | 600–620 | Воздух | | | | | | | | | |
| Закалка | 1030–1050 | Воздух или масло | | | | | | | | | |
| Отпуск | 600–620 | Воздух | | | | | | | | | |
| Закалка | 970–980 | Воздух или масло | | | | | | | | | |
| Отпуск | 300–370 | Воздух | | | | | | | | | |

Примечания.
 1. Режим термической обработки образца или заготовки указывается в заказе, а при отсутствии указания выбирается изготовителем.
 2. Нормы механических свойств относятся к образцам, отобранным от стали диаметром или толщиной до 60 мм. Для сечения диаметром или толщиной свыше 60 до 100 мм допускается понижение относительного удлинения на 1 абс. %, относительного сужения на 5 абс. % и ударной вязкости на 4,9 Дж/см² при норме менее 78,4 Дж/см² и на 9,8 Дж/см² при норме 78,4 Дж/см² и более.
 Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение относительного удлинения на 3 абс. %, относительного сужения на 10 абс. % и ударной вязкости на 9,8 Дж/см² при норме менее 78,4 Дж/см² и на 14,7 Дж/см² при норме 78,4 Дж/см² и более.
 Свойства стали диаметром или стороной квадрата более 100 мм допускается проверять на пробах, перекованных или перекатанных на размер 80–100 мм. Нормы механических свойств образцов в этом случае должны соответствовать указанным в таблице.
 3. Нормы ударной вязкости приведены для квадрата и полосы размером 12 мм и более; круга и шестигранника размером 16 мм и более.
 4. Механические свойства сталей, полученных методом электрошлакового (Ш), вакуумно-дугового (ВД) переплава и вакуумно-индукционной выплавки (ВИ), должны соответствовать нормам, указанным в таблице. Допускается снижение временного сопротивления и предела текучести при одновременном повышении пластических характеристик; норма устанавливается соглашением между потребителем и изготовителем.
 5. Макроструктура стали не должна иметь усадочной раковины и рыхлости, пузырей, трещин, шлаковых включений, корочки, расслоений и флокенов, видимых без применения увеличительных приборов, и должна соответствовать требованиям таблицы.

| Способ выплавки стали | Макроструктура в баллах, не более | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------|--|
| | Центральная пористость | Точечная неодно- родность | Ликвацион- ный квадрат | Общая пятнистая ликвация | Краевая пятнистая ликвация | Подуса- дочная ликвация | Подкорковые пузыри | Межкритал- литные трещины | |
| Металл открытой и вакуумно- индукционной выплавки | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | Не допускается | | |
| Металл электро- шлакового или вакуумно- дугового переплава | 1 | 2 | 1 | 1 | Не допускается | | | | |

В стали, полученной методами электрошлакового или вакуумно-дугового переплава, допускаются послойная кристаллизация и светлый контур не более балла 3.
 Повышенная или пониженная травимость осевой зоны не является браковочным признаком.

6. Контроль внутренних дефектов металла неразрушающими методами.

09X16H4B, 09X16H4B-Ш

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----------------|------------------------------|-------------------|---|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|--------|------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582-75 | Отжиг | 620-640, 4-8 ч | С печью до 200-300°C, далее на воздухе | х/к | — | не более 1130 | — | — | — | — | — |
| | | | | 0,7-3,9 | | | | | | | |
| | | | | г/к | | | | | | | |
| | 1,5-3,9 | Образцы | — | 1230 | 8 | — | — | — | — | | |
| Закалка | 970-1050 | | | | | | | | | Воздух | |
| Отпуск | 300-350, 2 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350-77 | Отжиг по режиму изготовителя | | | г/к | — | не более 1030 | 13 | — | — | — | — |
| | | | | 4-50 | | | | | | | |
| | | | | х/к | | | | | | | |
| | | | | 4-5 | | | | | | | |
| Закалка | 950-980 | Воздух | г/к | 980 | 1230 | 8 | — | — | — | — | |
| | | | | | | | | | | | 4-50 |
| Отпуск | 300-350 | Воздух | х/к | 4-5 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 4-5 |

Назначение. Детали и узлы основного оборудования и трубопроводов. Крепежные детали турбин и фланцевых соединений реакторов, парогенераторов, сосудов, паропроводов и аппаратуры.

Применяется для изготовления высокопрочных штамповарных конструкций и деталей, работающих в контакте с агрессивными средами.

Наибольшей коррозионной стойкостью обладает после закалки с низким отпуском (до 400°C).

Сталь коррозионно-стойкая мартенситного класса.

Технологические характеристики

| Ковка [1] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180-850 | 250 | В колодце | 250 | В колодце |
| Заготовка | 1180-850 | | | | |

| Свариваемость [37] | Обрабатываемость резанием [1] | Флокеночувствительность [1] |
|--|--|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | В состоянии закалки и отпуска при $\sigma_b = 880$ Н/мм ² $K_v = 0,5$ (твердый сплав) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости [1] |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 07X16H6 (X16H6, ЭП 288) | | Лист тонкий — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–1558–76, ТУ 14–1–2375–77. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75, ТУ 14–1–205–72, ТУ 14–1–1660–76. Лист толстый — ГОСТ 7350–77, ТУ 14–1–763–73, ТУ 14–1–2476–78. Поковки — ТУ 14–1–1530–75, ТУ 14–1–2902–80, ТУ 14–1–2918–80. Заготовка трубная — ТУ 14–1–2013–77. Сортовой прокат и проволока — ТУ 14–1–946–77. Калиброванные прутки шестигранные — ТУ 14–1–759–73. Проволока сварочная — ТУ 14–1–997–74. | | | | | | | | | |

| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
|---|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,05–0,09 | ≤ 0,80 | ≤ 0,80 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 15,5–17,5 | 5,00–8,00 | — | — | — | — | 30–70 |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|------------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка Лист г/к Лист х/к | 1030–1070 | Вода или воздух | 1,5–3,9 | — | 1180 | 20 | — | — | — | — |
| | | | | 0,7–3,9 | — | 1180 | 20 | — | — | — | — |
| | Закалка Обработка холодом Отпуск | 960–990 – 70, 2 ч 350–400, 1 ч | Воздух Воздух | Образцы | 835 | 1080 | 12 | — | — | — | — |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 975–1000 | Вода, воздух или масло | Образцы | 880 | 1080 | 12 | 50 | 69 | — | — |
| | Обработка холодом Старение | – 70, 2 ч или – 50, 4 ч 350–400, 1 ч | Воздух | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350–77 | Нормализация Лист г/к Лист х/к | 1040±10 | Воздух | 4–50 | 390 | 1180 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | 4–5 | 390 | 1180 | 15 | — | — | — | — |
| | Нормализация Обработка холодом Отпуск | 975±10 – 70, 2 ч 425±10, 1 ч | Воздух Воздух | Образцы | 835 | 1080 | 10 | — | — | — | — |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KIC, МН/м ^{3/2} | Вид плавки |
|-----|--|-------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------------------|------------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Закалка Обработка холодом Отпуск | 1000 – 70, 3 ч 350, 5 ч | Вода Воздух | Штамповки ø 320 | 1138 1138 | 1280 1318 | 10,2 14,1 | 31,1 54,6 | 120 200 | 145 187 | ОД ЭШП |
| | | | | | | | | | | | |
| | Закалка Обработка холодом Отпуск | 1000 – 70 350, 5 ч | Вода Воздух | | 1142 1159 | 1312 1321 | 13,8 15,5 | 56,7 62,4 | 130 210 | 174 204 | ОД ЭШП |

| Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|-------------------------------|-------------------|----------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | σ _в ^н , Н/мм ² | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [1] | Закалка Обработка холодом Отпуск | 1000 – 70, 2 ч 350 | Вода Воздух | Пруток | 20 | 900 | 1100 | — | — | — | — | — |
| | | | | | 450 | 850 | 1070 | — | — | — | — | |
| | | | | | 500 | 700 | 800 | — | — | — | — | |
| | | | | | 550 | 500 | 550 | — | — | — | — | |
| | | | | | 600 | 350 | 430 | — | — | — | — | |
| | | | | | 800 | 149 | 162 | 77 | 24,4 | — | 320 | |
| | | | | | 1000 | 41 | 52 | 80 | 10,5 | — | 110 | |
| | | | | | 1050 | 29 | 42 | 81 | 8,1 | — | 83 | |
| | | | | | 1100 | 23 | 32 | 89 | 6,3 | — | 64 | |
| | 1150 | 17 | 25 | 82 | 5,0 | — | 48 | | | | | |
| | 1200 | 13 | 17 | 79 | 4,1 | — | 36 | | | | | |
| | Закалка Обработка холодом Отпуск | 1000 – 70, 3 ч 410, 1 ч | Вода Воздух | Пруток ø 16 | 20 | 1100 | 1270 | 10 | 67 | — | 2080 | — |
| | | | | | – 196 | 1480 | 1730 | 17 | 58 | — | 2740 | — |
| – 253 | | | | | 1830 | 2060 | 15 | 51 | — | 2190 | — | |

| 07X16H6 (X16H6, ЭП 288) | | Механические свойства | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|----------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСV, Дж/см ² | K _{IC} , МН/м ^{3/2} |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [1] | Закалка | 980 | Воздух | Пруток Ø 15 | 20 | 1040 | 1230 | 21 | 67 | 130 | 100 | 105 |
| | Обработка холодом | -70, 2 ч | | | -70 | 1150 | 1340 | 20 | 68 | 110 | 84 | 138 |
| | Отпуск | 250, 1 ч | Воздух | | -100 | 1230 | 1420 | 25 | 68 | 96 | 80 | — |
| | | | | | -196 | 1490 | 1690 | 23 | 66 | 80 | 60 | 126 |
| | | | | -253 | 1760 | 1920 | 12 | 50 | 70 | 50 | 130 | |

Назначение. Силовые детали, работающие длительное время при температуре до 400°C и кратковременно до 500°C в контакте с топливом или в атмосферных условиях, а также для изготовления изделий, в том числе сварных, работающих в интервале температур от 20 до минус 253°C.

Сталь аустенитно-мартенситного класса.

| Коэффициент интенсивности напряжений, K _{IC} , МН/м ^{3/2} , при t, °C | | | | Сортамент | Термообработка |
|---|-------|-------|-------|--------------------|---|
| + 20 | - 196 | - 253 | - 269 | | |
| 73 | 44 | 39 | — | Поковка | Закалка 1000°C, вода. |
| — | — | 55 | — | Пруток | Обработка холодом при минус 70°C, 3 ч. |
| — | — | — | 100 | Лист | Отпуск при 410°C, 1 ч. |
| 74 | — | — | — | Сварное соединение | Закалка 990°C, 6 мин, вода. Обработка холодом при минус 50–70°C, 4 ч. Отпуск при 410°C, 2 ч |

Коррозионная стойкость [1]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|--|-------|-----------------|----------------|
| Общая | Оптимальная стойкость стали достигается после закалки с 1000–1050°C в воде, обработки холодом при минус 70°C, 2 ч и отпуска при 330–380°C. | | | |
| Точечная | — | — | — | — |
| Коррозионное растрескивание | — | — | — | — |
| Межкристаллитная | Испытания по ГОСТ 6032–2003 в контрольном растворе | | | |

Для повышения коррозионной стойкости сварные детали, работающие в атмосферных условиях окрашивают; несварные — пассивируют. Наиболее высокой коррозионной стойкостью обладают детали после полирования и пассивирования.

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–800 | До 350 | Воздух | — | — |
| Заготовка | — | | | | |

Свариваемость

Сваривается без ограничений.
Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ

Обработываемость резанием

В закаленном и отпущенном состоянии при $\sigma_b = 1080$ Н/мм²
K_r = 0,8 (твердый сплав),
K_r = 0,3 (быстрорежущая сталь)

| | |
|--------------------|--|
| Марка стали | Вид поставки |
| 03X16H9M2 | Листы — ТУ 108.11.595–87. Поковки — ТУ 108.11.595–87. Плиты — ТУ 108.11.595–87. |

Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.11.595–87

| | | | | | | | | |
|--------|--------|-----------|---------|---------|-------------|------------|-----------|-----------------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | B |
| ≤ 0,04 | ≤ 0,60 | 1,00–2,00 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 15,00–17,00 | 8,50–10,50 | 1,50–2,50 | 0,005 (по расчету) |

Примечания.

1. Допускаются следующие отклонения: по C + 0,01%; по Cr ± 0,25%; по Si + 0,10%; по Mn + 0,05%; – 0,20% для металла ВДП.
2. Содержание α – фазы контролируется в ковшевой пробе каждой плавки по методике отраслевой материаловедческой организации и должно быть в пределах 0,5–6,0%. Величина α – фазы для металла ВДП и ЭСП указывается от исходной плавки для электродов.
3. Бор вводится в сталь по расчету и химическим анализом не определяется.
4. По соглашению сторон допускается выплавлять сталь с содержанием Ti, Al и Ca, содержание которых определяется, заносится в сертификат, но не является сдаточным.
5. Изготовитель дополнительно производит определение Co, содержание которого должно быть не более 0,05%.

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------------------|-----------------------------------|------------------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.595–87 | Листы, листовые заготовки | До 100 | 20 | 215 | 510 | 55 | 70 | — | — | — | — | |
| | | | 600 | 110 | 335 | 38 | 60 | — | — | — | | |
| | | Свыше 100 до 160 | 20 | 205 | 500 | 55 | 65 | — | — | — | | |
| | | | 600 | 105 | 325 | 38 | 55 | — | — | — | | |
| | Поковки, кованные плиты из слитка | До 250 | 20 | 205 | 500 | 50 | 65 | — | — | — | | |
| | | | 600 | 105 | 325 | 35 | 55 | — | — | — | | |
| | | Свыше 250 до 500 | 20 | 195 | 490 | 50 | 60 | — | — | — | | |
| | | | 600 | 100 | 315 | 35 | 50 | — | — | — | | |

Примечания.

1. Значения механических свойств относятся к продольным (для поковок типа штанг и полых поковок при ℓ > 1,2 D_{нар}), поперечным (для листов, плит) и тангенциальным (для поковок при H ≤ 1,2 D_{нар}) образцам.
2. При испытании механических свойств поковок на поперечных образцах или поковок при ℓ > 1,2 D_{нар} на тангенциальных образцах значения механических свойств, указанных в таблице, понижаются: при испытании на поперечных образцах относительное удлинение (δ) и относительное сужение (ψ) — на 10% каждое (относительное); при испытании на тангенциальных образцах относительное удлинение (δ) и относительное сужение (ψ) — на 15% каждое.
3. Для деталей, работающих при температурах не более 100°C, испытания на разрыв производятся при температуре 20°C. Для деталей, работающих при температурах более 100°C, но не более 600°C, испытания на разрыв производятся при температуре 600°C.
4. Механические свойства заготовок (поковок, кованных плит, листов, листовых заготовок) после основной термической обработки (аустенитизации) должны соответствовать требованиям таблицы выше.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HB |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [7] | Аустенитизация | 1075 | Воздух | 100 | 20 | 206 | 529 | 80 | 82 | — | — |
| | | | | | 350 | 108 | 362 | 46 | 73 | — | — |

Назначение. Оборудование стационарных энергетических установок типа РБН, работающих под давлением при температурах до 600°C включительно. Корпусные и несущие конструкции стационарных реакторов типа РБН с натриевым теплоносителем.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь аустенитного класса.

| 03X16H9M2 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|------------------------------------|-------------------|---|---|--|--|-------------------------------|---------------------------|-----------------|----------------------|--------------------------------------|--|--|--|
| Влияние облучения на механические свойства стали ($\delta = 50$ мм) | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | $\sigma_{0.2}$, Н/мм ² | | σ_b , Н/мм ² | | δ , % | | δ_p , % | | ψ , % | | | | | |
| | | исходные | после облучения | исходные | после облучения | исходные | после облучения | исходные | после облучения | исходные | после облучения | | | | |
| [ДЦ] | 20 | 294 | 493 | 596 | 581 | 73 | 57 | 59 | 40 | 87 | 60 | | | | |
| | 20 | 273 | 453 | 583 | 585 | 68 | 53 | 55 | 39 | 84 | 68 | | | | |
| | 20 | — | 498 | — | 586 | — | 57 | — | 30 | 81 | — | | | | |
| | 20 | — | 418 | — | 568 | — | 41 | — | 40 | — | — | | | | |
| | 200 | 202 | 382 | 427 | 458 | 42 | 28 | 31 | 18 | 81 | 72 | | | | |
| | 200 | — | 392 | — | 484 | — | 26 | — | 18 | 75 | 56 | | | | |
| | 200 | — | 365 | — | 480 | — | 29 | — | 17 | 75 | — | | | | |
| | 350 | 194 | 374 | 392 | 440 | 37 | 23 | 29 | 12 | 68 | 64 | | | | |
| | 350 | 194 | 326 | 365 | 462 | 37 | 28 | 30 | 18 | 84 | 46 | | | | |
| | 350 | 200 | 365 | 359 | 409 | 38 | 20 | 30 | 13 | 84 | — | | | | |
| | 350 | — | 361 | — | 414 | — | 20 | — | 12 | — | — | | | | |
| | 500 | 176 | 282 | 363 | 356 | 37 | 25 | 30 | 15 | 72 | 56 | | | | |
| | 500 | 207 | 310 | 365 | 365 | 36 | 25 | 28 | 14 | 72 | 64 | | | | |
| | 500 | 185 | 301 | 361 | 361 | 35 | 22 | 28 | 13 | 68 | — | | | | |
| | 700 | 143 | 114 | 271 | 220 | 42 | 30 | 34 | 25 | 64 | 41 | | | | |
| | 700 | 132 | 136 | 270 | 220 | 41 | 36 | 34 | 19 | 72 | 46 | | | | |
| | 700 | 154 | 121 | 277 | 216 | 40 | 31 | 30 | 25 | 72 | 36 | | | | |
| | — | —160 | — | 541 | — | 774 | — | 49 | — | 41 | — | — | | | |
| — | —140 | — | 502 | — | 906 | — | 60 | — | 41 | — | — | | | | |
| — | —120 | — | 462 | — | 849 | — | 65 | — | 56 | — | — | | | | |
| — | —70 | — | 519 | — | 717 | — | 65 | — | 53 | — | — | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм² | | | | Тип образца | | | | Малоцикловая усталость | | | Вид испытания | | | | |
| t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | Без надреза | | | | t, °C | Предел, Н/мм ² | N | Прокат | | | | |
| 20 | 250 | — | 10 ⁷ | | | | | 20 | 420 | 10 ⁴ | | | | | |
| 500 | 185 | — | 10 ⁷ | | | | | 500 | 230 | 10 ⁴ | | | | | |
| 500 | 175 | — | 10 ⁷ | | | | | С надрезом | | | | Круговой изгиб с частотой 6 цикл/мин | | | |
| Влияние облучения на ударную вязкость | | | | Предел выносливости, Н/мм² | | | | Вид испытания | | | | | | | |
| Ударная вязкость после облучения, КСУ, Дж/см², при t, °C | | | | образец не разрушился | | | | Листовая сталь | | | | | | | |
| — 130 | | — 100 | | | | | | | | | | + 20 | | | |
| 82 | | > 90 | | | | | | | | | | При одночастотном нагружении | | | |
| Облучение стали проводилось в проточном натрии в экспериментальной материаловедческой сборке (МАК-1) в 6-м ряду реактора БОР-60. Температура облучения 320–350°C, флюенс — 7·10 ²¹ нейтр/см ² при E > 0,1 МэВ | | | | | | | | | | | | При двухчастотном нагружении | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ | 1/10 ⁵ | 2/10 ⁵ | | | | | | | |
| [31] | Аустенитизация | 1075 | Воздух | 500 | 188 | 175 | 147 | 137 | | | | | | | |
| | | | | 560 | 134 | 121 | 91 | 80 | | | | | | | |
| | | | | 600 | 87 | 76 | — | — | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | | | Среда | | | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | | | — | | | | — | — | — | | | | | |
| Точечная | | | | — | | | | — | — | — | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | — | | | | — | — | — | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | Сталь при 550°C не склонна к МКК с провоцирующим нагревом при длительном старении до 3000 ч | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ. Сварные соединения до 100 мм не требуют термообработки | | | | | | В состоянии после аустенитизации и охлаждения на воздухе при ≤ 200 НВ и $\sigma_b = 500$ Н/мм ² $K_v = 0,95$ (твердый сплав), $K_v = 0,60$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | | | | |

| | |
|--------------------------------|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 08X16H9M2 (X16H9M2) | Трубы — ТУ 14-3P-55-2001. Трубная заготовка — ТУ 14-1-1045-74. Поковки — НД заводов-изготовителей. |

| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-3P-55-2001 | | | | | | | | |
|---|--------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|---|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Количество α-фазы (ковшовая проба) ¹ |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,60 | 1,00–1,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 15,5–17,0 | 8,50–10,0 | 1,50–2,00 | 1–4% |

¹ По ТУ 14-1-1045-74.

Содержание остаточных элементов в стали должно соответствовать ГОСТ 5632-72.

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-3P-55-2001 | Аустенитизация | 1030–1100 | Воздух или вода | φ _н 10–89 s 2–8 | 216–294 | 529 | 35 | 55 | — | — | — |

Примечания.

1. Твердость HB металла труб не нормируется, но измеряется и заносится в документ о качестве труб.
2. Значения ударной вязкости не нормируются, но заносятся в документ о качестве труб.

| Пределы длительной прочности | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|-----------|-------------------|-------|---|-------------------|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ |
| ТУ 14-3P-55-2001 | Аустенитизация | 1030–1100 | Воздух или вода | 550 | 147 | 135 |
| | | | | 600 | 108 | 97 |
| | | | | 650 | 69 | 61 |
| | | | | 700 | 29 | — |

Примечания.

1. Величины являются средними по совокупности имеющихся данных, которые при периодических испытаниях могут быть уточнены и при необходимости исправлены. Допускается отклонение фактических значений пределов длительной прочности на 20% от указанных в таблице.
2. Пределы длительной прочности труб для промежуточных температур определяются путем линейной интерполяции между ближайшими значениями, приведенными в таблице.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----|----------------------|-----------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----|-------------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Аустенитизация | 1050–1100 | Воздух или вода | 180 | 220 | 540 | $\frac{40^1}{35}$ | $\frac{55^1}{50}$ | $\frac{150^1}{140}$ | — | ≤ 200 |
| | Аустенитизация | 1050–1100 | Воздух | 600 | 200 | 540 | $\frac{40^1}{30}$ | 40 | 80 | — | $\frac{≤ 140^1}{≤ 180}$ |

¹ Числитель — образцы продольные; знаменатель — образцы тангенциальные.

Назначение. Трубы паропроводные и коллекторные и другие детали.

Сталь жаропрочная аустенитного класса.

| Технологические характеристики [1] | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1250–800 | φ до 500 | Воздух | До 60 | Воздух |
| Заготовка | 1150–800 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием |
|---|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Рекомендуется последующая термообработка | В состоянии аустенитизации при ≤ 200 HB и σ _в = 540 Н/мм ² K _v = 0,95 (твердый сплав), K _v = 0,60 (быстрорежущая сталь) |

| | | | | | | | | | |
|---|-----------|---|---------|---------|-----------|-----------|--------|-----------|--------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | |
| 08X16H11M3 | | Толстолистовой прокат — ТУ 14-1-3409-82. | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-3409-82 | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Mo | Cu |
| ≤ 0,08 | 0,40–0,80 | 1,00–1,70 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 15,0–17,0 | 10,0–12,0 | ≤ 0,10 | 2,00–2,50 | ≤ 0,25 |

| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|-----------|-------------------|--|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|----------|--|--|--|--|--|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-3409-82 | Аустенитизация | 1090–1110 | Воздух | Толщина 6–10, длина 4200–5200, ширина 1400–1600; | 20 | 206 | 509 | 50 | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | | толщина 12–50, длина 4700–7400, ширина 1400–1700 | 350 | 147 | 392 | 32 | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | | | 600 | 118 | 343 | 30 | — | — | — | — | | | | | | |

Примечания.

1. Содержание α-фазы — 0,5–4,0% (по данным сертификата поставщиков слитков и слябов).

2. Листы поставляются в термообработанном и травленном состоянии.

3. Для листов толщиной 11 мм и более дополнительно определяется и заносится в сертификат значение относительного сужения (ψ, %).

4. Макроструктура листов не должна иметь следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений и пузырей, видимых невооруженным глазом.

5. Листы из стали контролируются на загрязненность неметаллическими включениями.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------------------|-------|--|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|----------|--|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [5] | Аустенитизация | 1110 | Воздух | Образцы из труб — | 20 | Трубы бесшовные паропроводные и коллекторные | | | | | | — | ≤ 200 | | | | | |
| | | | | | | Образцы продольные | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 220 | 540 | 40 | 55 | 150 | | | | | | | | |
| | | | | | | Образцы поперечные | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 220 | 540 | 35 | 50 | 140 | | | | | | | | | | | | | |

Назначение. Листы, поковки, трубы. Основное оборудование для реакторов на быстрых нейтронах.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь аустенитного класса.

| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------|-------------------|--------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|----------|--|--|--|--|--|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [5] | | 1100, 2 ч | Воздух | Заготовка 100×100 | 20 | 230 | 640 | 70 | 78 | — | — | — | | | | | | |
| | | | | из слитка (100 кг) | 200 | 175 | 440 | 50 | 75 | — | — | — | | | | | | |
| | | | | Образцы продольные | 300 | 150 | 435 | 45 | 69 | — | — | — | | | | | | |
| | | | | | 400 | 135 | 430 | 44 | 67 | — | — | — | | | | | | |
| | | | | | 600 | 135 | 395 | 44 | 69 | — | — | — | | | | | | |
| | | | | | 800 | 105 | 185 | 49 | 73 | — | — | — | | | | | | |

Состав стали: 0,09% C; 16,87% Cr; 9,52% Ni; 1,75% Mo; 3,2 α-фазы.

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------|-------------------|--------|---------------------|-----|-----|-----|----|----|---|---|---|
| [5] | Аустенитизация | 1080–1120, 15 мин | Воздух | Лист | 20 | 290 | 640 | — | — | — | — | — |
| | | | | 30 | 200 | 210 | 470 | 44 | 77 | — | — | — |
| | | | | из слитка (11–13 т) | 300 | 190 | 460 | 40 | 73 | — | — | — |
| | | | | | 400 | 190 | 460 | 42 | 70 | — | — | — |
| | | | | | 500 | 180 | 440 | 37 | 70 | — | — | — |
| | | | | | 600 | 170 | 390 | 37 | 69 | — | — | — |
| | 700 | 150 | 330 | 38 | 66 | — | — | — | — | | | |

Состав стали: 0,07% C; 16,44% Cr; 9,17% Ni; 1,60% Mo; 3,3 α-фазы.

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|--------------------|------|------|--|------|------|-------|-------|-------|-------------|----------------------------|
| 08X16H11M3 | | | | | | | | | | | | Сечение, мм | |
| Относительное удлинение при длительных испытаниях [5] | | | | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см², при t, °C [5] | | | | | | | Образцы из заготовки 90×90 |
| Основной металл | | | Сварное соединение | | | +20 | +800 | +900 | +1000 | +1100 | +1150 | +1200 | |
| t, °C | τ, ч | δ, % | t, °C | τ, ч | δ, % | | | | | | | | |
| 500 | 3000 | 34 | 500 | 3000 | 28 | 289 | 257 | 149 | 141 | 94 | 75 | 60 | |
| 550 | 4000 | 14 | 550 | 1500 | 28 | | | | | | | | |
| 600 | 5000 | 27 | 600 | 9000 | 8 | | | | | | | | |
| 650 | 5000 | 40 | 650 | 4000 | 23 | | | | | | | | |
| | | | 700 | 3000 | 36 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---|-------------------|---|-------------------|--------------------|--|
| Механические свойства металла шва и сварного соединения после длительного старения стали¹ | | | | | | | Пределы длительной прочности основного металла¹ и сварного соединения² | | | | | |
| НД | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | |
| [5] | Металл шва | | | | | | | | Основной металл | | Сварное соединение | |
| | 20 ² | 435 | 645 | 47 | 41,5 | 130 | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | | |
| | 20 | 380 | 825 | 33 | 38,5 | 60 | 290 | 230 | 260 | 210 | | |
| | 650 ² | 280 | 370 | 22 | 53 | 80 | 550 | 160 | 195 | 160 | | |
| | 650 | 225 | 355 | 20 | 43 | 80 | 580 | — | 140 | — | 130 | |
| Сварное соединение | | | | | | 600 | 150 | 120 | 145 | 120 | | |
| 20 ² | 280 | 540 | 46 | 75 | 160 | 650 | 90 | 70 | 95 | 75 | | |
| 20 | 290 | 635 | 43 | 68 | — | 700 | 65 | — | 65 | — | | |
| 650 ² | 195 | 300 | 25 | 67 | 170 | | | | | | | |
| 650 | 185 | 330 | 24 | 62 | — | | | | | | | |

¹ Состав стали: 0,07% С; 16,56% Cr; 9,33% Ni; 1,74% Mo; 2,0% α-фазы. Старение 10000 ч при 650°C. Электроды ЦТ-26. ² Без старения.

¹ σ_{1/10⁵}⁶⁵⁰ = 50 Н/мм². ² При ручной электродуговой сварке используются электроды ЦТ-26; при аргонодуговой сварке — электроды из проволоки ЭП377.

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|----|
| Механические свойства стали при различных температурах после длительного старения | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ, ч | | | | | | | |
| [5] | | 1080–1120, 15 мин | Воздух | Лист 30 из слитка (11–13 т) | Исходное состояние | | 20 | 290 | 620 | 74 | 75 | 350 | — |
| | | | | | | | 630 | 330 | 140 | 40 | 69 | 320 | — |
| | | | | | 690 | 8000 | 20 | 282 | 630 | 65 | 73 | 210 | — |
| | | | | | 690 | 8000 | 630 | 140 | 340 | 33 | 66 | 290 | — |

Состав стали: 0,07% С; 16,56% Cr; 9,33% Ni; 1,74% Mo; 2,7 α-фазы.

| | | | | | | | | | | | |
|---|-------|--------------------------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|----------|-----------------|--------------------|-----------------|----------|-----------------|
| Влияние облучения на механические свойства стали | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | | σ _в , Н/мм ² | | δ, % | | δ _p , % | | ψ, % | |
| | | исходные | после облучения | исходные | после облучения | исходные | после облучения | исходные | после облучения | исходные | после облучения |
| [ДЦ] | 20 | — | 444 | — | 585 | — | 54,0 | — | 43,3 | — | 68 |
| | 20 | — | 383 | — | 594 | — | 55,5 | — | 44,1 | — | 68 |
| | 20 | — | 414 | — | 616 | — | 58,4 | — | 46,1 | — | 68 |
| | 200 | 262 | — | 473 | — | 42,7 | — | 33,3 | — | 81 | 46 |
| | 200 | 257 | — | 466 | — | 44,0 | — | 35,3 | — | 78 | 46 |
| | 200 | 229 | — | 473 | — | 42,7 | — | 33,7 | — | 81 | 46 |
| | 350 | 260 | 241 | 462 | 453 | 37,7 | 29,1 | 29,0 | 20,5 | 78 | 68 |
| | 350 | 220 | 290 | 440 | 449 | 35,3 | 28,7 | 29,0 | 20,5 | 78 | 56 |
| | 350 | 207 | 458 | 453 | 462 | 40,0 | 28,0 | 33,3 | 17,6 | 78 | — |
| | 500 | 205 | 282 | 429 | 409 | 38,0 | 27,3 | 30,0 | 17,6 | 78 | 68 |
| | 500 | 216 | 317 | 431 | 416 | 36,7 | 25,7 | 32,3 | 16,3 | 72 | 51 |
| | 500 | 238 | 283 | 447 | 409 | 38,3 | 27,3 | 31,0 | 17,6 | 78 | — |
| | 700 | 183 | 139 | 317 | 238 | 47,3 | 38,4 | 36,7 | 31,2 | 78 | 56 |
| | 700 | 172 | 147 | 304 | 244 | 52,0 | 37,3 | 39,7 | 29,3 | 81 | 56 |
| | 700 | 167 | — | 277 | — | 66,7 | — | 39,0 | — | 84 | — |
| | —160 | — | 444 | — | 893 | — | 52,5 | — | 42,4 | — | — |
| | —140 | — | 440 | — | 911 | — | 58,7 | — | 48,1 | — | — |
| | —120 | — | 471 | — | 915 | — | 56,8 | — | 45,6 | — | — |
| —100 | — | 471 | — | 801 | — | 64,9 | — | 53,2 | — | — | |
| —70 | — | 427 | — | 726 | — | 66,8 | — | 58,0 | — | — | |

08X16H11M3

Коррозионная стойкость

Склонность к межкристаллитной коррозии (метод АМ с провоцирующим нагревом)

| Плавка | Исходное состояние (аустенитизация) | Длительность старения, ч | Температура старения, °С | | | | |
|--|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | | 400 | 550 | 600 | 650 | 700 |
| Прокат 40 т | — | 1 | | — | — | — | |
| | | 10 | | — | — | +++ | ++ |
| | | 100 | | — | +++ | +++ | |
| Прокат 6,5 т | — | 1 | — | — | — | — | — |
| | | 10 | — | — | — | — | — |
| | | 100 | — | — | + | ++ | + |
| | | 1000 | — | — | ++ | +++ | |
| | | 3000 | — | — | +++ | +++ | |
| Прокат 40 т с бором (0,005%) | — | 1 | | — | — | — | |
| | | 10 | | — | — | — | |
| | | 100 | | — | — | ++ | ++ |
| | | 1000 | | — | — | ++ | +++ |
| | | 3000 | | — | — | ++ | +++ |
| Прокат 6,5 т с бором (0,005%) | — | 1 | — | — | — | — | — |
| | | 10 | — | — | — | — | — |
| | | 100 | — | — | — | — | + |
| | | 1000 | — | — | — | +++ | |
| | | 3000 | — | — | + | +++ | |

(-) — не склонна к МКК; (+) — слабо склонна; (++) — склонна; (+++) — очень склонна

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–900 | Всех размеров | На воздухе | До 300 | На воздухе |
| Заготовка | 1180–900 | | | | |

Свариваемость**Обработываемость резанием**Сваривается без ограничений.
Способы сварки: РД, РАД и АФВ состоянии закалки при $\sigma_b = 530 \text{ Н/мм}^2$
 $K_v = 0,90$ (твердый сплав),
 $K_v = 0,50$ (быстрорежущая сталь)

| | |
|---|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 08X16H13M2B (ЭИ 405, ЭИ 680) | Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. |

| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb | Cu |
| 0,06–0,12 | ≤ 0,80 | ≤ 1,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 15,0–17,0 | 12,5–14,5 | 2,00–2,50 | 0,90–1,30 | ≤ 0,30 |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Отжиг или отпуск | ПС | | До 200 | — | — | — | — | — | — | 143–179 |
| | Закалка | 1100–1130 | Воздух | До 200 | 215 | 550 | 40 | 50 | 118 | — | — |

В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают:

- а) с травленной поверхностью;
- б) с нормированной чистотой стали по волосовинам, выявленным потребителем на готовых деталях визуально;
- в) с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;
- г) с проверкой длительной прочности стали;
- д) с проверкой механических свойств при повышенных температурах;
- е) с нормированием содержания газов в стали;
- ж) с контролем на излом;
- з) с механическими свойствами, повышенными или в более узких пределах по сравнению с указанными в таблице;
- и) с контролем на загрязненность стали неметаллическими включениями;
- к) с проверкой величины зерна.

Примечание

Нормы при испытаниях по подпунктам в, г, д, е, ж, з, и, к устанавливаются по согласованию потребителя с изготовителем.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | КП |
|---------------|----------------------|--------------|-------------------|---------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Аустенитизация | 1100–1130 | Воздух | Не ограничено | Гайки | | | | | | |
| | Старение | 750±10, 10 ч | Воздух | | — | — | — | — | — | 143–187 | — |

Примечания.

1. Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
3. Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (HB) ниже твердости шпильки, болта.
4. Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.
5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше $10^4/\sigma_B$ (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | |
|---|----------------------------|------------------------|-------------------|-------|---|-------------------|--|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | |
| ГОСТ 20700–75 | Аустенитизация Старение | 1050–1100 750, 10 ч | Воздух Воздух | 525 | 260 | 210 | — |
| | | | | 550 | — | — | 160–180 |
| | | | | 580 | 200 | 130 | 90–120 |
| | | | | 600 | 150 | 95 | 50–70 |

| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------|-----------|-------------------|-------|--------------------------------|--|-----|------|------|------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время τ , ч | | | | | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 5000 | |
| ГОСТ 20700–75 | Аустенитизация | 1050–1100 | Воздух | 600 | 150 | 95 | 88 | 85 | 77 | 68 | 143–187 |
| | Старение | 750, 10 ч | Воздух | 600 | 200 | 121 | 113 | 107 | 98 | 94 | |

08X16H13M2Б (ЭИ 405, ЭИ 680)

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----|----------------------------|------------------------|-------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Аустенитизация | 1100–1130 | Воздух или вода | До 75 ¹ лопатки | 220 | 560 | 40 | 50 | 100 | — | 143–180 |
| | Аустенитизация Старение | 1050–1100 750, 10 ч | Воздух Воздух | До 800 | 240 | 550 | 40 ² 30 | 50 ² 35 | 75 ² 59 | — | 143–179 |
| | В состоянии поставки | | | 5–25 ³ | 230 | 540 | 25 | 35 | — | — | — |

¹ По согласованию сторон допускается $\sigma_{0,2} < 210$ Н/мм² и $\sigma_b < 500$ Н/мм².

² Числитель – механические свойства образцов продольных; знаменатель – тангенциальных образцов.

³ Образцы поперечные.

Назначение. Болты, лопатки, диски, цельнокованные роторы и другие детали, работающие при температуре до 600°C.

Сталь жаропрочная аустенитного класса.

Механические свойства при комнатной температуре (сортовой прокат)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [36] | Аустенитизация | 1100–1130 | Воздух | — | 220 | 560 | 40 | 50 | 120 | — | — |

Механические свойства при комнатной температуре (поковки)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
|------|----------------------|-----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [36] | Аустенитизация | 1050–1100 | Воздух | ϕ_b 4,5–5,0 | Образцы продольные | | | | | | — | 143–179 |
| | | | | | 240 | 550 | 40 | 50 | 80 | — | | |
| | | | | | Образцы тангенциальные | | | | | | | |
| | | | | ϕ_b 4,5–5,0 | 240 | 550 | 30 | 35 | 60 | — | 143–179 | |

Механические свойства стали при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
|-----|----------------------|-----------|-------------------|--------------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [3] | Закалка | 1100–1130 | Воздух | Прутки продоль- ные образцы | 20 | 230 | 620 | 45 | 68 | 210 | — |
| | | | | | 500 | 175 | 490 | 30 | 50 | — | — |
| | | | | | 600 | 175 | 470 | 29 | 55 | — | — |
| | | | | | 650 | 175 | 440 | 27 | 57 | — | — |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---|--|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Режим I Закалка | 1100–1130 | Воздух | Прутки Образцы продольные | 20 | 230 | 620 | 45 | 68 | 200 | — |
| | | | | | 500 | 175 | 400 | 30 | 51 | — | — |
| | | | | | 600 | 175 | 475 | 30 | 56 | — | — |
| | | | | | 650 | 115 | 440 | 27 | 57 | — | — |
| | Режим II Закалка Старение | 1100–1130 750, 10–12 ч | Воздух Воздух | Прутки Образцы радиальные | 20 | 270 | 600 | 30 | 28 | 70 | — |
| | | | | | 600 | 150 | 470 | 29 | 28 | 80 | — |
| | Режим II Закалка Старение | 1100–1130 750, 10–12 ч | Воздух Воздух | Прутки Образцы тангенци- альные | 20 | 250 | 560 | 30 | 35 | 100 | — |
| | | | | | 300 | 180 | 480 | 27 | 27 | 80 | — |
| | | | | | 400 | 170 | 480 | 30 | 28 | 90 | — |
| | | | | | 450 | 160 | 470 | 29 | 29 | 90 | — |
| | | | | | 500 | 160 | 470 | 31 | 33 | 100 | — |
| | | | | | 550 | 150 | 450 | 31 | 31 | 80 | — |
| 600 | | | | | 150 | 430 | 29 | 34 | 90 | — | |
| 650 | 150 | 410 | 29 | 34 | 90 | — | | | | | |
| Режим III Закалка Старение | 1100–1130 750, 12 ч | Воздух Воздух | Ротор ϕ 620 Образцы тангенци- альные (от бочки) | 20 | 320 | 600 | 25 | 33 | 40 | 170 | |
| | | | | 300 | 220 | 470 | 26 | 30 | 60 | — | |
| | | | | 400 | 260 | 460 | 25 | 36 | 60 | — | |
| | | | | 450 | 240 | 460 | 25 | 33 | 70 | — | |
| | | | | 500 | 220 | 450 | 26 | 33 | 60 | — | |
| | | | | 550 | 220 | 420 | 25 | 41 | 90 | — | |
| | | | | 600 | 200 | 380 | 20 | 41 | 80 | — | |
| 650 | 200 | 350 | 23 | 43 | 90 | — | | | | | |
| 700 | 200 | 330 | 21 | 42 | 90 | — | | | | | |
| | | | Образцы продольные | 20 | 310 | 620 | 34 | 36 | 70 | — | |

| 08X16N13M2B (ЭИ 405, ЭИ 680) | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|--|--|--|--|--------------------------------|-------------------|------------|-------------------------|-----|
| Механические свойства стали при различных температурах после длительного старения | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | | |
| [5] | Режим II | 1100–1130 | Воздух | Исходное состояние | | 20 | 290 | 610 | 37 | 41 | 75 | 170 |
| | Закалка | | | 600 | 160 | 470 | 33 | 42 | 120 | — | | |
| | Старение | 750, 10–12 ч | Воздух | 650 | 7000–9000 | 20 | 300 | 660 | 27 | 26 | 30 | 183 |
| | Режим III | | | 650 | 7000–9000 | 600 | 190 | 440 | 19 | 35 | 100 | — |
| | Закалка | 1100–1130 | Воздух | 750 | 7000–9000 | 20 | 270 | 570 | 22 | 21 | 30 | 177 |
| | Старение | 750, 12 ч | Воздух | 750 | 7000–9000 | 600 | 160 | 430 | 17 | 40 | 80 | — |
| Механические свойства стали при температуре 20°C после испытания на ползучесть | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Ползучесть | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | σ , Н/мм ² | τ , ч | | | | | | |
| [5] | Режим II | 1100–1130 | Воздух | Исходное состояние | | | 250 | 560 | 25 | 33 | — | — |
| | Закалка | | | 550 | 160–210 | 3500 | 320 | 660 | 36 | 33 | 60 | — |
| | Старение | 750, 10–12 ч | Воздух | 500 | 110–160 | 3000 | 290 | 620 | 34 | 33 | 70 | — |
| | Режим III | | | 1100–1130 | Воздух | 650 | 60–100 | 3000–3200 | 310 | 630 | 30 | 27 |
| | Закалка | 1100–1130 | Воздух | 650 | 60–100 | 3000–3200 | 310 | 630 | 30 | 27 | 45 | — |
| | Старение | 750, 12 ч | Воздух | 650 | 60–100 | 3000–3200 | 310 | 630 | 30 | 27 | 45 | — |
| Цилиндрический образец с круговым надрезом радиусом 1 мм. | | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести стали (прутки, продольные образцы) | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | |
| [3] | Закалка | 1100–1130 | Воздух | 550 | 260 | 210 | — | 160 | | | | |
| | | | | 600 | 200 | 150 | 140 | 90 | | | | |
| | | | | 650 | 130 | 95 | 100 | 90 | | | | |
| | | | | 700 | 60 | 35 | 60 | 22 | | | | |
| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_t , Н/мм ² , за время τ , ч | | | | | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 5000 | | |
| [3] | Закалка | 1100–1130 | Воздух | 600 | 150 | 95 | 88 | 85 | 77 | 68 | — | |
| | | | | 600 | 200 | 121 | 113 | 107 | 98 | 94 | — | |
| Пластичность | | | | Жаростойкость | | | | | | | | |
| Сталь обладает высокой пластичностью при длительном разрыве. Допустимая деформация за длительный срок службы составляет для нее 1%. | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | | | База испытаний, ч | | | |
| | | | | При длительном сроке службы до температуры 750–800°C | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1220–880 | До 300 | | На воздухе | | До 300 | | На воздухе | | | | |
| Заготовка | 1220–880 | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Рекомендуется последующая термообработка | | | | | В отожженном состоянии при 182 НВ и $\sigma_n = 630$ Н/мм ² $K_v = 0,4$ (твердый сплав), $K_v = 0,36$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|--------------------|-------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|------------------------|-------|--------|
| 10X16H14B2BP (1X16H14B2BP, ЭП 17) | | Трубная заготовка и трубы — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Nb | B | W | Ce | Al | Cu |
| 0,07–0,12 | ≤ 0,60 | 1,00–2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,030 | 15,0–18,0 | 13,0–15,0 | 0,90–1,30 | 0,002–0,005 | 2,00–2,75 | ≤ 0,02 (по расчету) | — | ≤ 0,30 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ДЦ | Аустенитизация ¹ | 1050–1100 | Вода | До 90 | 220 | 520 | 38 | 50 | 140 | — | ≤ 200 | |
| | Аустенитизация ² | 1090–1150 | Вода | | | | | | | | | |
| ¹ Режим для обработки труб пароперегревателей. ² Режим для обработки паропроводов и коллекторных труб. | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Трубы пароперегревателей, паропроводов, коллекторов сосудов высокого давления для длительных сроков работы при температуре до 700°C. Сталь жаропрочная аустенитного класса. | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1160–850 | | На воздухе | | | На воздухе | | | | | | |
| Заготовка | 1160–850 | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обработываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | В закаленном и отпущенном состоянии при ≤ 200 HB K _v = 0,6 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | |
| | | | | | | — | — | — | — | | | |

| Марка стали | Вид поставки |
|--|--|
| 015X16H15M3 (ЭИ 844), 026X16H15M3Б (ЭИ 844Б), 026X16H15M3БУ (ЭИ 844БУ), 06X16H15M3БР (ЭП 172) | Трубы бесшовные особотонкостенные — ТУ 14-3-219-89. Трубная заготовка — ТУ 14-1-1641-75, ТУ 14-1-1733-76, ТУ 14-1-3723-84. |

| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-3-219-89 | | | | | | | | | | Марка стали |
|---|-----------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|--|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb | Ti | |
| ≤ 0,015 | ≤ 0,15 | ≤ 0,60 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | 15,0–17,0 | 14,0–16,0 | 2,50–3,00 | — | ≤ 0,01 | 015X16H15M3 (ЭИ 844) ¹ |
| ≤ 0,026 | ≤ 0,60 | ≤ 0,80 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | 15,0–17,0 | 14,0–16,0 | 2,50–3,00 | 0,25–0,50 | — | 026X16H15M3Б (ЭИ 844Б) ² |
| ≤ 0,026 | ≤ 0,60 | ≤ 0,80 | ≤ 0,010 | ≤ 0,010 | 15,0–17,0 | 14,0–16,0 | 2,50–3,00 | 0,25–0,45 | ≤ 0,05 | 026X16H15M3БУ (ЭИ 844БУ) ³ |
| 0,04–0,07 | 0,30–0,60 | 0,50–0,90 | ≤ 0,010 | ≤ 0,020 | 15,0–16,5 | 14,5–16,0 | 2,50–3,00 | 0,35–0,90 | — | 06X16H15M3БР (ЭП 172) ^{3,4} |

Примечания.

- Вакуумно-индукционная выплавка (ВИ) содержит азот не более 0,015% и кобальт не более 0,02%.
- Открытая выплавка с последующим электрошлаковым переплавом (Ш) содержит азот не более 0,05% и кобальт не более 0,02%. Допускается отклонение по углероду +0,004%.
- Вакуумно-индукционная выплавка с последующим вакуумно-дуговым переплавом (ИД) содержит азот не более 0,015%, бор не более 0,002% и кобальт не более 0,05%. Для стали 026X16H15M3БУ-ИД (ЭИ 844БУ-ИД) допускается наличие примесей ванадия 0,05–0,25%, меди не более 0,05%, мышьяка не более 0,005%, свинца не более 0,0005%, кадмия не более 0,0005%, олова не более 0,001%, алюминия не более 0,10%, цинка не более 0,001%, сурьмы не более 0,001%, висмута не более 0,0005%, тантала не более 0,005%. По содержанию тантала допускается отклонение на +0,005%, по содержанию азота и фосфора на +0,005% каждого, углерода на –0,004%, кобальта на +0,005%, титана на +0,05%.
- Открытая дуговая выплавка + вакуумно-дуговая (ВД). Сталь содержит ванадий не более 0,15%, азот не более 0,04%, бор 0003–0,008% и кобальт не более 0,02%. Соотношение ниобия к углероду равняется 9–13. Допускается отклонение по кремнию на ±0,05%, ниобия на +0,05%, алюминия на +0,05%.
- Для всех марок, кроме ЭИ 844Б, разрешается отклонение по содержанию углерода +0,005% от верхнего уровня. Для стали марки ЭИ 844Б допускается отклонение по углероду +0,004%.
- Допускается обработка металла РЗМ до 0,15% по расчету.

| Механические свойства | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------|-----------|-------------------|--|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|-----------------------------|-----------------|--|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | Марка стали | Способ выплавки | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-219-89 | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | D _n 4,0–6,0, δ 0,2–0,5 | 20 | — | 510 | 42 | 026X16H15M3Б (ЭИ 844Б) | Ш | |
| | | | | D _n 6,2–10,0, δ 0,2–0,7 | 375 | 157 | 343 | 25 | | | |
| | | | | D _n 10,2–25,0, δ 0,2–1,0 | 20 | 245 | 539 | 35 | 06X16H15M3БР (ЭП 172) | ВД | |
| | | | | D _n 25,2–60,0, δ 0,3–1,0 | 650 | 176 | 392 | 25 | | | |
| | | | | D ≤ 10 | 20 | — | 491 | 43 | 026X16H15M3БУ (ЭИ 844БУ) | ИД | |
| | | | | s ≥ 3 | 375 | 127 | 343 | 26 | | | |
| | | | | D ≥ 10 | 20 | — | 491 | 42 | | | |
| | | | | s ≥ 0,3 | 375 | 127 | 343 | 25 | | | |
| | | | | D ≥ 10 | 20 | — | 491 | 38 | | | |
| | | | | s ≤ 0,3 | 375 | 127 | 343 | 21 | | | |

Примечания.

- Трубы в состоянии поставки не должны быть склонны к межкристаллитной коррозии после провоцирующего отпуска.
- Поверхность труб в состоянии поставки не должна иметь раковины, плен, трещин, закатов, рванин, вмятин, прижогов, травильной сыпи, волосовин, что обеспечивается технологией изготовления.
- Механические свойства термообработанных труб в состоянии поставки должны соответствовать нормам таблицы. Испытания механических свойств труб при комнатной температуре проводят на продольных образцах по ГОСТ 10006–80, при повышенных температурах — по ГОСТ 19040–81.
- Величина аустенитного зерна металла труб в состоянии поставки по ГОСТ 5639–82 должна соответствовать 7–10 баллу.
- Для испытания механических свойств при комнатной и повышенных температурах от 3% труб партии (по 1 образцу от трубы на каждый вид испытаний), но не менее чем от 3 труб партии. Испытания механических свойств производят на продольных образцах.
- Для испытания на МКК и величину зерна по 1 образцу от каждой трубы.
- Испытанию гидравлическим давлением должна быть подвергнута каждая труба партии. Испытание должно проводиться по ГОСТ 3845–75 с выдержкой труб под давлением не менее 5 сек.

015X16H15M3 (ЭИ 844), 026X16H15M3Б (ЭИ 844Б), 026X16H15M3БУ (ЭИ 844БУ), 06X16H15M3БР (ЭП 172)

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Марка стали | | | | | |
|-------|----------------------|-----------|---------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----------------------|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [378] | Закалка | 1050–1120 | Воздух, масло, вода | | 20 | 520 | 710 | 37 | — | — | 06X16H15M3БР (ЭП 172) | | | | | |
| 350 | | | | | 400 | 530 | 19 | — | — | | | | | | | |
| 500 | | | | | 390 | 520 | 16 | — | — | | | | | | | |

Назначение. Трубы пароперегревателей и трубопроводов высокого давления, другое оборудование РБН.

Рекомендуемая температура применения 600°С.

Сталь жаропрочная аустенитного класса.

Коррозионная стойкость [5, 27]

| Вид коррозии | Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | Балл стойкости |
|-----------------------------|-------------|-------|---------------------------|----------------|
| Общая | Водяной пар | 600 | 0,015 | — |
| Точечная | — | — | — | — |
| Коррозионное растрескивание | — | — | — | — |
| Межкристаллитная | — | | | |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1150–950 | До 300 | На воздухе | До 300 | На воздухе |
| Заготовка | 1150–950 | | | | |

Свариваемость

Удовлетворительно свариваемая.
Способы сварки: РД, РАД и КТ.
Рекомендуется последующая термообработка

Обработываемость резанием

В отожженном состоянии при 182 НВ
 $K_v = 0,40$ (твердый сплав),
 $K_v = 0,36$ (быстрорежущая сталь)

| | |
|---|--|
| Марка стали 08X16H15M3B (X16H15M3B, ЭИ 847), 09X16H15M3B (X16H15M3B, ЭИ 847), 06X16H15M3B-ИД (ЭИ 847-ИД) | Вид поставки Сортовой прокат — НД заводов. Трубы бесшовные особотонкостенные — ТУ 14-3-219-89, ТУ 14-159-293-2005. Трубная заготовка — ТУ 14-1-1641-75, ТУ 14-1-1733-76, ТУ 14-1-3723-84. |
|---|--|

| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | Марка стали | НД |
|----------------------------|--------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------------------|--------------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb | | |
| 0,04–0,06 | ≤ 0,40 | ≤ 0,80 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | 15,0–17,0 | 14,0–17,0 | 2,70–3,30 | 0,35–0,75 | 08X16H15M3B (X16H15M3B, ЭИ 847) | ТУ 14-3-219-89 |
| ≤ 0,09 | ≤ 0,80 | ≤ 0,80 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 15,0–17,0 | 14,0–16,0 | 2,50–3,00 | 0,60–0,90 | 09X16H15M3B (X16H15M3B, ЭИ 847) | ГОСТ 5632-72 |
| 0,04–0,06 | ≤ 0,30 | 0,40–0,80 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 15,0–16,0 | 15,0–16,0 | 2,70–3,20 | 0,60–0,90 | 06X16H15M3B-ИД (ЭИ 847-ИД) | ТУ 14-159-293-2005 |

Примечания.

- Открытая выплавка с последующим электрошлаковым переплавом (Ш). Содержит азот не более 0,05% и кобальт не более 0,02%. Допускается отклонение по углероду +0,004%.
- Вакуумно-индукционная выплавка с последующим вакуумно-дуговым переплавом (ИД). Содержит азот не более 0,015%, кобальт не более 0,02%.
- Открытая дуговая выплавка + вакуумно-дуговая (ВД).
- Сталь 08X16H15M3B (X16H15M3B, ЭИ 847) по ТУ 14-3-219-89 содержит азот не более 0,05% и кобальт не более 0,02%, соотношение ниобия к углероду равняется 9–13.

| Механические свойства | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------|-----------|-------------------|--|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------------------------------|--------------------|----------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | Марка стали | Способ выплавки | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее |
| ТУ 14-3-219-89 | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | D _n 4,0–6,0, δ 0,2–0,5 | 20 | — | 539 | 35 | 08X16H15M3B (X16H15M3B, ЭИ 847) | Открытый, ВД, Ш | |
| | | | | D _n 6,2–10,0, δ 0,2–0,7 | | | | | | | 375 |
| | | | | D _n 10,2–25,0, δ 0,2–1,0 | 600 | — | 353 | 24 | | | Открытый |
| | | | | D _n 25,2–60,0, δ 0,3–1,0 | | | | | | | |

Примечания.

- Трубы в состоянии поставки не должны быть склонны к межкристаллитной коррозии после проводящего отпуска.
- Поверхность труб в состоянии поставки не должна иметь раковин, плен, трещин, закатов, рванин, вмятин, прижогов, травильной сыпи, волосовин, что обеспечивается технологией изготовления.
- Механические свойства термообработанных труб в состоянии поставки должны соответствовать нормам таблицы. Испытания механических свойств труб при комнатной температуре проводят на продольных образцах по ГОСТ 10006-80, при повышенных температурах — по ГОСТ 19040-81.
- Величина аустенитного зерна металла труб в состоянии поставки по ГОСТ 5639-82 должна соответствовать 7–10 баллов.
- Для испытания механических свойств при комнатной и повышенных температурах от 3% труб партии (по 1 образцу от трубы на каждый вид испытаний), но не менее чем от 3 труб партии. Испытания механических свойств производят на продольных образцах.
- Для испытания на МКК и величину зерна по 1 образцу от каждой трубы.
- Испытанию гидравлическим давлением должна быть подвергнута каждая труба партии. Испытание должно проводиться по ГОСТ 3845-75 с выдержкой труб под давлением не менее 5 сек.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | Марка стали | Способ выплавки |
|--------------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------------|-----------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| ТУ 14-159-293-2005 | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | Трубы диаметром 5,2; 7,0; 9,4; 12,0 | 20 | — | 539 | 35 | 06X16H15M3B-ИД (ЭИ 847-ИД) | ИД |
| | | | | Толщина стенки 0,20 | | | | | | |
| | | | | Длина 1000 | 650 | — | 333 | 20 | | |

Примечания.

- Трубы поставляются мерной длиной 1000 мм. Допустимое отклонение по длине не должно превышать +10 мм.
- Трубы поставляются в термообработанном состоянии.
- Трубы должны выдерживать испытания гидравлическим давлением: 5,2-0,2 – 17 ат; 9,4-0,2 – 9,5 ат; 12,0-0,2 – 7 ат. Гидравлическое давление обеспечивается изготовителем без проведения испытаний.
- Каждая труба диаметром менее 10 мм должна выдерживать испытательное пневматическое давление не более 0,5 МПа (5 кгс/см²).
- Трубы поставляются с травленой наружной и внутренней поверхностями.
- Каждая труба по всей длине и поверхности должна быть подвергнута ультразвуковому контролю.

08X16H15M3B (X16H15M3B, ЭИ 847), 09X16H15M3B (X16H15M3B, ЭИ 847), 06X16H15M3B-ИД (ЭИ 847-ИД)

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | Марка стали |
|-----|----------------------|-----------|-------------------|----------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|---------------------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| [2] | Аустенитизация | 1100–1120 | Вода или воздух | Прокат | 20 | 220 | 550 | 35 | — | 09X16H15M3B (X16H15M3B, ЭИ 847) |
| | | | | | 350 | 180 | 400 | 35 | — | |
| | | | | Трубы | 20 | — | 550 | 35 | — | |
| | | | | Толщина стенки | 375 | 160 | 380 | 20 | — | |
| | | | | 1,0–5,0 | 650 | — | 340 | 25 | — | |

Назначение. Трубы пароперегревателей и трубопроводов высокого давления, другое оборудование РБН.

Рекомендуемая температура применения 600°C.

Сталь жаропрочная аустенитного класса.

Механические свойства в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [2] | Аустенитизация | 1120 | Вода или воздух | 100 | 20 | 290 | 655 | 51 | 72 | — | — | — |
| | | | | | 350 | 206 | 523 | 40 | 61 | — | — | — |
| | | | | | 500 | 210 | 512 | 33 | 63 | — | — | — |
| | | | | | 600 | 183 | 503 | 35 | 54 | — | — | — |
| | | | | | 650 | 180 | 440 | 31 | 59 | — | — | — |
| | | | | | 700 | 201 | 395 | 28 | 64 | — | — | — |
| | | | | | 800 | — | 250 | 55 | 60 | — | — | — |
| | | | | | 900 | — | 170 | 70 | 65 | — | — | — |
| | | | | | 1000 | — | 87 | 65 | 55 | — | — | — |

Пределы длительной прочности и ползучести

Жаростойкость [24, 27]

| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч |
|-----|-------|---|-------------------|--|-------------------|---|-------|---------------------------|-------------------|
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | |
| [2] | 600 | 210 | 150 | 180 | 100 | Температура начала интенсивного окисления 850°C | | | |
| | 650 | 130 | 95 | 100 | 65 | | | | |
| | 700 | 82 | 55 | 60 | 40 | | | | |
| | 750 | 50 | 33 | 40 | 28 | | | | |
| | 800 | 30 | 19 | 25 | 18 | | | | |

Коррозионная стойкость [5, 27]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | Балл стойкости |
|-----------------------------|-------------|-------|---------------------------|----------------|
| Общая | Водяной пар | 600 | 0,015 | — |
| Точечная | — | — | — | — |
| Коррозионное растрескивание | — | — | — | — |
| Межкристаллитная | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1150–950 | До 300 | На воздухе | До 300 | На воздухе |
| Заготовка | 1150–950 | | | | |

Свариваемость

Обрабатываемость резанием

Удовлетворительно свариваемая.

Способы сварки: РД, РАД и КТ.

Рекомендуется последующая термообработка

В отожженном состоянии при 182 HB

$K_v = 0,40$ (твердый сплав),

$K_v = 0,36$ (быстрорежущая сталь)

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|---|--------------------|--------------------|------------------------------------|--|-----------------|-----------------|-------------------------|--------|-------------|
| X16N16MB2BP (ЭП 184) | | Трубные заготовки, трубы — ТУ 14-3-207-81. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-3-207-81 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb | W | Cu | B |
| 0,06–0,11 | ≤ 0,80 | ≤ 0,60 | ≤ 0,020 | ≤ 0,030 | 15,0–17,0 | 15,0–17,0 | 0,40–0,90 | 0,60–1,00 | 2,00–3,00 | ≤ 0,30 | 0,002–0,005 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-207-81 | Аустенитизация | 1110–1150 | Вода или воздух | ø 32–370 s 6–45 | 200 | 500 | 35 | 50 | 120 | — | — |
| <p>Назначение. Трубы пароперегревателей, паропроводов, коллекторов сосудов высокого давления для длительных сроков работы при температуре 600–650°C.</p> <p>Сталь жаропрочная аустенитного класса.</p> | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервалковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1180–850 | | На воздухе | | | На воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1180–850 | | На воздухе | | | На воздухе | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Рекомендуется последующая термообработка. | | После аустенитизации при $\sigma_B = 500$ Н/мм ² K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 0,66 (быстрорежущая сталь) | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| | | | | | | — | — | — | — | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|--------------------|-------------|------------------------------------|--|-----------------|-----------------|-------------------------|-----|--------|
| 3X16H22B6B (ЦЖ 13) | | Поковки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Nb | V | W | Al | Cu |
| 0,24–0,30 | ≤ 0,60 | 0,80–1,20 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 15,0–17,0 | 21,0–23,0 | 0,80–1,20 | — | 5,50–6,50 | — | ≤ 0,30 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| ДЦ | Аустенитизация | 1150–1170 | Вода | | 300 | 600 | 20 | 25 | 50 | — | — |
| | Отпуск | 790–810 | Воздух | | | | | | | | |
| Назначение. Обоймы газовых турбин. | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаропрочная аустенитного класса. | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1180–900 | | Воздух | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | После аустенитизации и отпуска при $\sigma_B = 600$ Н/мм ² $K_v = 1,0$ (твердый сплав), $K_v = 0,66$ (быстрорежущая сталь) | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| | | | | | | — | — | — | — | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|--|--|-------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|----|
| 08X17T (0X17T, ЭИ 645) | | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Лист двухслойный — ГОСТ 10885–85. Трубная заготовка — ТУ 14–1–565–84. Трубы — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ti | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,80 | ≤ 0,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,025 | 16,0–18,0 | 5 × C – 0,80 | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Отжиг или отпуск | 740–780 | Воздух | 0,7–3,9 | — | 460 | 20 | — | — | — | — |
| ГОСТ 5949–75 | Отжиг | 760–780 | Воздух | До 200 | По согласованию | | | | | — | — |
| ГОСТ 7350–77 | Отжиг или отпуск | 760–780 | Воздух | 4–25 ¹ | — | 440 | 18 | — | — | — | — |
| ГОСТ 9940–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ø 57–219 s 3,5–32 | — | 372 | 17 | — | — | — | — |
| ГОСТ 9941–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ø 21–273 s 0,2–22 | — | 372 | 17 | — | — | — | — |
| ¹ Для листов толщиной свыше 25 мм механические свойства не нормируются, определение обязательно. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Адсорбционные башни, теплообменники для горячих нитридных газов и горячей азотной кислоты, трубопроводы, аппараты и сосуды, работающие в разбавленных растворах уксусной, азотной, лимонной кислот, а также другие детали, работающие в средах средней агрессивности, сварные конструкции, не подвергающиеся ударным нагрузкам, работающие при температурах до – 20°С. | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая и жаростойкая ферритного класса. | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | | | |
| Окалиностойкая до температуры 850°С. | | | | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | |
| | | | | Время, ч | | | | t, °С | | KCU, Дж/см ² | |
| | | | | Исходное состояние | | | | | | | |
| | | | | Склонна к отпускной хрупкости после длительных выдержек при температуре 475°С. | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °С | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | |
| Общая | | 20–60% HNO ₃ | | 20–50 | — | | 1 | | | | |
| | | Водный раствор аммиака | | До 100 | — | | 1 | | | | |
| | | 50–80% аммиачная селитра | | Кипящая | — | | 1 | | | | |
| | | Смесь HNO ₃ + H ₃ PO ₄ + HF | | 60 | — | | 1 | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Устойчива к коррозионному растрескиванию в водных средах, содержащих хлориды и кислород | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | Не склонна к МКК при испытании по методам АМ и АМУ ГОСТ 6032–2003 после провоцирующего нагрева при 1100°С в течение 30 мин. | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметрыковки, °С | | | | Свариваемость | | | | Обработываемость резанием | | | |
| 1150–800 | | | | Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Рекомендуется последующая термообработка. | | | | В состоянии заковки и отпуска при 197 НВ и σ _b ≤ 490 Н/мм ² K _v = 0,85 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--------------------------------------|------------------------------------|--|-----------------|-------------------------|-------------------------|---------|
| 12X17 (X17, ЭЖ 17) | | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Трубная заготовка — ТУ 14–1–565–84. Трубы — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81. Профили фасонные — ТУ 14–1–1271–75. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| ≤ 0,12 | ≤ 0,80 | ≤ 0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,035 | 16,0–18,0 | 860 | — | 810 | — | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Отжиг или отпуск | 740–780 | Воздух | 0,7–3,9 | — | 490 | 20 | — | — | — | — |
| ГОСТ 5949–75 | Отжиг | 760–780 | Воздух или вода | До 60 ¹ | 245 | 390 | 20 | 50 | — | — | 126–197 |
| ГОСТ 7350–77 | Отжиг или отпуск | 760–780 | Воздух или с печью | 4–25 ² | — | 440 | 18 | — | — | — | — |
| ГОСТ 9940–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ø 57–219 s 3,5–28 | — | 441 | 17 | — | — | — | — |
| ГОСТ 9941–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ø 21–273 s 0,3–22 | — | 441 | 17 | — | — | — | — |
| ¹ Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение δ на 1%, ψ на 5%; от 100 до 150 мм – δ на 3%, ψ на 10%. ² Для листов толщиной свыше 25 мм механические свойства не нормируются, определение обязательно. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Адсорбционные башни, теплообменники для горячих нитрозных газов и горячей азотной кислоты, крепежные детали, валики, втулки и другие детали аппаратов и сосудов, работающие в разбавленных растворах азотной, уксусной, лимонной кислот, в растворах солей, обладающих окислительными свойствами, и др. | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая и жаростойкая ферритного класса. | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | | | |
| Окалиностойкая до температуры 850°С. | | | | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | |
| | | | | Время, ч | | | | t, °С | | KCU, Дж/см ² | |
| | | | | Исходное состояние | | | | | | | |
| | | | | Склонна к отпускной хрупкости после длительной выдержки при температуре 475°С. | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °С | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | |
| Общая | | 1% лимонная кислота | | 20 | | | 1 | | | | |
| | | | | кипящая | | | 3 | | | | |
| | | Концентрированная уксусная кислота | | 20 | 1 | | | | | | |
| | | | | 75 | 3 | | | | | | |
| Концентрированная HNO ₃ | | 20 | 1 | | | | | | | | |
| 60% HNO ₃ | | 60 | 2 | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметрыковки, °С | | | Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | |
| 1150–800 | | | Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Рекомендуется последующая термообработка. | | | | В состоянии закалки и отпуска при 197 HB и σ _s ≤ 490 Н/мм ² K _v = 0,85 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | |

| Марка стали | Вид поставки |
|-----------------------------------|--|
| 09X17H, 09X17H-ВД, 09X17H-Ш | Поковки — ОСТ 95-41-73, ТУ 108.11.940-87*. Сортовой прокат — ОСТ 95-41-73. Слитки — ТУ 14-1-2889-80. |

Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-2889-80

| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu |
|--------|-----------|--------|---------|---------|-----------|-----------|--------|
| ≤ 0,09 | 0,40-0,80 | ≤ 0,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 15,6-17,6 | 0,90-1,10 | ≤ 0,20 |

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------------------|----------------------|-------|-----------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.940-87 | Закалка | ПС | До 100 вкл. | 20 | 345 | 440 | 15 | — | 30 | — | 156-229 | |
| | | | | 350 | 295 | 375 | — | — | — | — | | |
| | Отпуск | | Свыше 100 до 250 вкл. | 20 | 345 | 440 | 14 | — | 25 | — | 156-229 | |
| | | | | 350 | 265 | 350 | — | — | — | — | | |

* Для приборов электрических установок (Примечание 35 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

Примечания.

- При испытании на тангенциальных образцах значение механических свойств понижаются: временное сопротивление разрыву и предел текучести на 5%, относительное удлинение и ударная вязкость на 25%.
- Значения твердости для поковок групп II-IV не являются сдаточными.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----|----------------------|-----------|-------------------|---------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [2] | Закалка | 1050-1070 | Масло | Пруток ϕ 60 | 20 | 392 | 490 | 15 | — | 39 | — | — |
| | Отпуск | 680-720 | Воздух | | | | | | | | | |

Назначение. Магнитопроводы, работающие в пресной воде при температуре до 350°C; роторы, полюса статоров, рубашки и др.

Для изготовления магнитопроводов электромагнитных муфт механизмов СУЗ. Группы III и IV с обязательным контролем микроструктуры по п. 1.15 и УЗК по п. 1.16 ОСТ 95-41-73 (Примечание 34 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь марки 09X17H применяется только для изделий, работающих в контакте с жидкометаллическим теплоносителем (в РБН) (ПНАЭГ-7-008-89).

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь коррозионно-стойкая и жаростойкая ферритного класса, обладает повышенной ударной вязкостью по сравнению со сталью марок 12X17 и 08X17Т.

Технологические характеристики

| Ковка [2] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1160-900 | Перед ковкой слитков рекомендуется производить обдирку и отжиг при 930-950°C с последующим отпуском при 720-730°C | | | |
| Заготовка | 1160-900 | | | | |

Свариваемость [2]

Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ

| | |
|-------------------------------------|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 14X17H2 (1X17H2, ЭИ 268) | Лист тонкий — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–2186–77. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75, ОСТ 95–10–72. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Прутки — ГОСТ 18907–73, ТУ 14–1–5038–91, ТУ 108.11.853–87. Поковки — ГОСТ 25054–81, ОСТ 95–10–72, ОСТ 108.958.04–85. Арматура трубопроводная — ТУ 26–07–1165–77. Крепежные детали — ТУ 26–0610–003–82. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|--------|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Cu |
| 0,11–0,17 | ≤ 0,80 | ≤ 0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 16,0–18,0 | 1,50–2,50 | ≤ 0,20 | ≤ 0,30 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------|----------------------|---------|-------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 950–975 | Масло | х/к прокат | — | 1080 | 10 | — | — | — | — |
| | Отпуск | 275–350 | Воздух | 0,7–3,9 | | | | | | | |
| | Отжиг или отпуск | 650–700 | Воздух | г/к прокат 1,5–3,9 | | | | | | | |

Примечания.

1. В таблице указаны рекомендуемые режим и вид термообработки на заводе-изготовителе.

2. По согласованию потребителя с изготовителем допускается изменение режима и вида термообработки.

3. Допускается для горячекатаного проката из стали не производить термическую обработку при получении механических свойств, указанных в таблице.

Прокат подразделяют по состоянию материала на: холоднокатанный (х/к) нагартованный — Н1; х/к полунагартованный — ПН1; х/к термически обработанный (мягкий), травленный или после светлого отжига — М2а, М3а, М4а; х/к термически обработанный (мягкий) — М4в; горячекатанный (г/к) термически обработанный (мягкий), травленный или после светлого отжига — М2б, М3б, М4б; г/к, термически обработанный (мягкий) — М4г.

По точности прокатки на: повышенной точности — АТ (х/к), А (г/к), нормальной точности — БТ (х/к), Б (г/к).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------|----------------------|----------|-------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Отжиг | | | | не менее | | | | — | ≤ 285 | |
| | Закалка | 975–1040 | Масло | До 60 ¹ | 835 | 1080 | 10 | 30 | 49 | — | — |
| | Отпуск | 275–350 | Воздух | | | | | | | | |

¹ Для сечения диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %, КСУ на 4,9 Дж/см²; от 100 до 150 мм — δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. %, КСУ на 9,8 Дж/см².

Сталь может выплавляться с применением ЭСП и ВДП.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------|----------------------|----------|-------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 25054–81 | Закалка | 980–1020 | Масло | До 200 | 539 | 686 | 15 | 40 | 59 | — | 248–293 |
| | | | | Свыше 200 до 500 | 539 | 686 | 13 | 35 | 54 | | |
| | Отпуск | 680–700 | Воздух | Свыше 500 до 1000 | 539 | 686 | 12 | 30 | 49 | | |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------|----------------------|---------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 95–10–72 | Закалка | 950–1040 | Масло | До 60 ¹ | — | — | — | — | — | 20–29 | 229–285 |
| | Отпуск | 600–650 | Масло, воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 950–1040 | Масло | До 60 ² | — | — | — | — | 35–43 | — | |
| | Отпуск | 275–350 | Масло, воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 950–1040 | Масло | Не более 100 ¹ | 540 | 686 | 15 | 40 | 59 | — | 207–285 |
| | Отпуск | 600–680 | Масло, воздух | | | | | | | | |
| Закалка | 950–1040 | Масло | Не более 60 ² | — | 1079 | 10 | — | 39 | — | 321–415 | |
| Отпуск | 275–350 | Масло, воздух | | | | | | | | | |

¹ Испытания на МКК производится от плавки одного режима термообработки по ГОСТ 6032–2003, что оговаривается в технических требованиях чертежа.

² Испытание на МКК не производится.

ОСТ 95–10–72 — IV и V группы, без п. 2.13 (п. 2.13. Катанный сортовой полуфабрикат III, IV и V групп толщиной, не превышающей 16 мм, испытанию механических свойств не подвергается. Этот вид контроля заменяют определением твердости) (Примечание 22 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| 14X17H2 (1X17H2, ЭИ 268) | | | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------|-------------------|-----------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|---------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.853-87 | Закалка | 980-1020 | Масло | До 60 | 20 | — | 1080 | 10 | — | 39 | 31-44 | 321-429 | |
| | | 275-350 | | | | | | | | | | | Воздух |
| | Отпуск | 980-1020 | Масло | До 100 | 20 | 490 | 685 | 15 | 40 | 59 | — | | |
| | | | | | | | | | | | | | 680-700 |
| | Отпуск | 980-1020 | Масло | До 100 | 20 | 490 | 685 | 10 | 40 | 49 | — | | 207-285 |
| | | | | | | | | | | | | | |

Значения механических свойств относятся к продольным образцам. В случае испытания механических свойств на тангенциальных или радиальных образцах допускается снижение механических свойств от норм таблицы:

а) для тангенциальных образцов: $\sigma_{0,2}$ и σ_b — на 5% каждого; δ и KCU — на 25% каждого; ψ — на 20%

б) для радиальных образцов: $\sigma_{0,2}$ и σ_b — на 10% каждого; δ и ψ — на 35% каждого; KCU — на 40%.

Для деталей из стали, предназначенных для работы в коррозионных средах, уровень расчетных напряжений не должен превышать 245 Н/мм².

Металл заготовок из стали (КП 490) должен обладать стойкостью против межкристаллитной коррозии (МКК).

Нормы допустимого содержания неметаллических включений (по среднему баллу) для заготовок из стали являются сдаточными и заносятся в сертификат.

Виды включений и балл

| Оксиды | | Силикаты | | | Сульфиды | Нитриды и карбонитриды | |
|------------|----------|----------|------------|-------------------|----------|------------------------|------------|
| Строчечные | Точечные | Хрупкие | Пластичные | Недеформированные | | Точечные | Строчечные |
| 3,5 | 3,5 | 2,5 | 1,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18907-73 | Отожженное состояние | | | Прутки ϕ 1,0-30 ϕ 5 и более | Не определяются | | | | — | ≤ 302 | |

По требованию потребителя прутки изготавливают с испытанием на растяжение нагартованных прутков.

Назначение. Детали и узлы основного оборудования и трубопроводов АЭС, рабочие лопатки, диски, валы, втулки, фланцы, крепеж и другие детали, работающие в воздушной среде при температуре до 800°C; детали компрессорных машин, работающие на нитрозном газе.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь коррозионно-стойкая и жаропрочная мартенситно-ферритного класса.

Механические свойства в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
|--------|----------------------|----------|--------------------|---|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [2] | Закалка | 950-1030 | Масло | Пруток, образцы продольные | 20 | 647-715 | 833-882 | 18-22 | 60-66 | 118-167 | 269-302 |
| | | 600-700 | | | | | | | | | |
| | Отжиг | | С переохлаждениями | Поковка диска ϕ 700, h=30-80, образцы тангенциальные | 20 | 676-696 | 872-892 | 16 | 52-55 | 88-98 | 285 |
| | Закалка | 960-980 | | | | | | | | | |
| | | Отпуск | 640-670 | Воздух | 400 | 598-627 | 735-755 | 11-12 | 45 | 98-118 | — |
| | Отпуск | | 640-670 | | | | | | | | |
| Отпуск | | 640-670 | | Воздух | 600 | 284-314 | 333-343 | 28-30 | 83 | 127 | — |

Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | | | | | | | | | |
|-----|----------------------|--------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|--------------|-------|-----|----------|-----------|-------|-------|-------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [4] | Отжиг | 760-780, 2 ч | С печью | Пруток | 300 | 930-950 | 1260-1280 | 16 | 59-61 | 78-95 | 400-444 | | | | | | | | | |
| | | Закалка | | | | | | | | | | 950-975, 1 ч | Масло | 400 | 980-1050 | 1290-1330 | 16-17 | 60-62 | 61-68 | 388-444 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 14X17H2 (1X17H2, ЭИ 268) | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|-------------------|--|---|---|-----------------------------------|--|------|-------------|---|
| Предел выносливости, Н/мм ² [2] | | | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [4] | | | | | Термообработка |
| t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | Тип образца | | + 20 | - 20 | - 40 | - 60 | Вид образца | |
| 20 | 450 | — | 10 ⁷ | Гладкий | Пруток. Закалка с 1050°C, воздух; отпуск 530°C | 56 | 51 | 49 | 47 | Поперечный | Лист 10 мм в состоянии поставки. Образцы |
| 400 | 470 | — | 10 ⁷ | | | | | | | | |
| 20 | 284 | — | 10 ⁷ | С надрезом R _n = 0,75 мм | | 71 | 53 | 53 | 52 | Продольный | |
| 400 | 265 | — | 10 ⁷ | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 2·10 ² | 1·10 ³ | 2·10 ³ | 2/10 ² | | | |
| [2, 4] | Закалка | 1030 | Масло | 400 | — | 608–686 | 588–666 | — | | | |
| | Отпуск | 530 | Воздух | | — | — | — | — | | | |
| | Закалка | 1030 | Масло | 400 | — | 461–510 | 441–490 | — | | | |
| | Отпуск | 680 | Воздух | 450 | 617 | — | — | — | | | |
| [4] | Закалка | 1030 | Масло | 450 | — | — | — | 274 | | | |
| | Отпуск | 680 | Воздух | | — | — | — | — | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | Жаростойкость [1, 2] | | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | | Группа стойкости | | | |
| Исходное состояние | | 137 | | Воздух | 900 | 0,904 | | Пониженностойкая | | | |
| 100 | 340 | 118 | | | | | | | | | |
| 3000 | 340 | 98 | | Воздух | 1000 | 2,010 | | Малостойкая | | | |
| 100 | 450 | 69 | | | | | | | | | |
| 3000 | 450 | 29 | | | | Окалиностойкая до 800°C | | | | | |
| Коррозионная стойкость [2] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | |
| Общая | | Вода деминерализованная | | 300 | 3000 | | 1 | | | | |
| | | Морская вода | | — | 2200 | | 1 | | | | |
| Точечная | | — | | — | — | | — | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Вода, содержащая 1 г/кг Сl ⁻ , 50 мг/кг O ₂ | | 350 | Разрушение через 1000 ч | | Напряжение выше предела текучести | | | | |
| Межкристаллитная | | <p>Проверка на склонность к МКК по ГОСТ 6032–2003 не предусмотрена. Сварные соединения в зоне термического влияния обладают пониженной стойкостью к МКК и общей коррозии, поэтому после сварки необходим отпуск при 680–700°C в течение 0,5–1 часа.</p> <p>После закалки с 950–1040°C и отпуска при 275–350°C, HRC 35–40 при работе в водных средах требуется проверка на МКК.</p> <p>Закалка с 950–1040°C и отпуск при 600–680°C, $\sigma_{0,2} \geq 539$ Н/мм² обеспечивает высокую сопротивляемость к МКК.</p> | | | | | | | | | |
| После полирования и пассивирования или после электрополирования сталь обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях. Наибольшей коррозионной стойкостью обладает сталь после закалки с высоким отпуском. После нанесения специальных защитных покрытий сталь может работать в агрессивных средах и топливе. | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 2] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1250–900 | До 50 | | На воздухе | | До 350 | | На воздухе | | | |
| Заготовка | 1230–900 | 51–350 | | В яме | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | Температура критических точек, °C | | | | НД | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, КТ | | В закаленном и отпущенном состоянии при 330 НВ и $\sigma_b = 1078$ Н/мм ² K _v = 0,60 (твердый сплав), K _v = 0,30 (быстрорежущая сталь) | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | [2] | |
| | | | | | 730–740 | 845 | — | — | | | |
| | | | | | 720 | 830 | 700 | — | [4] | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|-----------------------------------|--|------------------------------------|--|--------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-----|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
| 02X17H11M2 | | Лента холоднокатаная резаная в рулонах — ТУ 14–130–308–2001. Трубы стальные электросварные — ТУ 1371–009–05757850–01. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14–130–308–2001 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | | | | |
| ≤ 0,025 | 0,30–0,55 | 1,36–2,00 | ≤ 0,012 | ≤ 0,040 | 16,50–17,20 | 11,10–11,60 | 2,00–2,24 | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HV |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14–130–308–2001 | Аустенитизация | 1000–1100 | Водород | 0,7 × 88 | 220 | 510 | 45 | — | — | — | 150 |
| ТУ 1371–009–05757850–01 | Аустенитизация | 1000–1050 | Аргон, вода | ∅ 28 × 0,7 | 250 | 520 | 35 | — | — | — | 150 |
| Назначение. Для изготовления сварных труб и теплообменного оборудования. | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСВ, Дж/см², при t, °C | | | | | Термообработка | | |
| | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | — | | — | — | — | — | ≥ 150 | — | Лист. Толщина > 10 мм | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | |
| Общая | | Превосходит по коррозионной стойкости сталь 08X16H11M3 | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | Обладает высокой стойкостью против МКК и ножевой коррозии | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1180–850 | До 300 | | На воздухе | | До 300 | | На воздухе | | | |
| Заготовка | 1180–850 | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД и АФ | | | | | | В термически обработанном состоянии при $\sigma_b = 520$ Н/мм ² $K_v = 0,85$ (твердый сплав), $K_v = 0,5$ (быстрорежущая сталь) | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|------------------------|---|---|------------------------------------|--------------------|--------------|-------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| 08X17H13M2T (0X17H13M2T) | | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Шлифованный пруток и серебрянка — ГОСТ 14955–77. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,80 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 16,0–18,0 | 12,0–14,0 | 2,00–3,00 | 5 × C – 0,70 | ≤ 0,30 | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1050–1100 | Воздух, масло или вода | Пруток 60 | 196 | 490 | 40 | 50 | — | — | — | | |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 1030–1080 | Вода или воздух | Лист Свыше 4 | 196 | 510 | 40 | — | — | — | — | | |
| <p>Назначение. Сварные конструкции, крепежные детали, работающие в средах повышенной агрессивности при 600°С (кипящая фосфорная, серная, 10%-ная уксусная кислоты, сернистая среда).</p> <p>Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса.</p> <p>Сталь обладает более высокой стойкостью против общей и межкристаллитной коррозии, чем сталь марки 10X17H13M2T (устойчива к МКК при испытании по ГОСТ 6032–2003 методами АМ и АМУ, после закалки и отпуска при 650°С 1 ч).</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1180–850 | В штабелях на воздухе | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД и АФ. | | | | В состоянии закалки при 137–143 HB и σ _в = 530 Н/мм ² K _ν = 0,9 (твердый сплав) | | | | | | Не чувствительна | | | |
| | | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | |
| | | | | | | | | | | Не склонна | | | |

| | |
|--|--|
| Марка стали | Вид поставки |
| 10X17H13M2T (X17H13M2T, ЭИ 448) | Лента — ГОСТ 4986–79. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Лист двухслойный — ГОСТ 10885–85. Трубы — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81, ГОСТ 11068–81, ТУ 14–3–586–77. Проволока — ГОСТ 18143–72. Поковки — ГОСТ 25054–81, ОСТ 95–29–72. Трубная заготовка — ТУ 14–1–565–84, ТУ 14–134–323–93. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Mo | Ni | Ti |
| ≤ 0,10 | ≤ 0,80 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 16,0–18,0 | 2,00–3,00 | 12,0–14,0 | 5 × C–0,70 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|--|-----------|--|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| ГОСТ 4986–79 | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | 0,05–0,2 | Мягкая лента | | | | | | |
| | | | | | — | 530 | 20 | — | — | — | — |
| | Полунагартованная, нагартованная и высоконагартованная лента | 0,05–0,2 | Механические свойства устанавливаются по согласованию с потребителем | | | | | | | | |
| | | | 0,2–2,0 | — | 530 | 40 | — | — | — | — | |

Примечания.

- Лента должна выдерживать без образования трещин, надрывов, расслоений или излома число перегибов, не ниже:
 - из нагартованной и полунагартованной толщиной 0,2 мм и более;
 - из нагартованной и полунагартованной толщиной менее 0,2 мм.
- Сталь не должна быть склонна к МКК.
- Расслоение в ленте не допускается.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|----------------|---|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | х/к 0,7–3,9 | Механические свойства проката после умягчающей термообработки | | | | | | |
| | | | | | Образцы поперечные | | | | | | |
| | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | г/к 1,5–3,9 | Прокат с повышенными значениями механических свойств | | | | | | |
| | | | | | Образцы поперечные | | | | | | |
| — | 550 | 40 | — | — | — | — | — | | | | |

Примечания.

- Сталь не должна обладать склонностью к межкристаллитной коррозии.
- Макроструктура стали не должна иметь следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений, трещин и пузырей, что обеспечивается технологией изготовления.
- Механические свойства проката после умягчающей термообработки должны соответствовать нормам таблицы.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1050–1100 | Воздух, масло или вода | г/к и кованая ϕ , \square или толщина до 200, калиброванная ϕ или стороной \square до 70 | 215 | 510 | 40 | 55 | — | — | — |

Примечания.

- Нормы механических свойств относятся к образцам, отобранным от стали диаметром или толщиной до 60 мм. Для сечения диаметром или толщиной свыше 60 до 100 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %. Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. %. Свойства стали диаметром или стороной квадрата более 100 мм допускается проверять на пробах, перекованных или перекатанных на размер 80–100 мм. Нормы механических свойств образцов в этом случае должны соответствовать указанным в таблице выше.
- В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают:
 - с проверкой на отсутствие склонности к МКК;
 - с травленной поверхностью;
 - с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;
 - с нормированием содержания α -фазы;
 - без проверки механических свойств и т.д.

| 10X17H13M2T (X17H13M2T, ЭИ 448) | | | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|-----------|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 1030–1080 | Вода или воздух | г/к 4–50 х/к 4–5 | 235 | 530 | 37 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Сталь не должна обладать склонностью к межкристаллитной коррозии.

2. Для проверки качества листов их отбирают:

для испытания на растяжение, определение величины зерна и шероховатости поверхности — один лист от партии;

для определения склонности к МКК — по ГОСТ 6032–2003;

для определения загрязненности стали неметаллическими включениями — по ГОСТ 1778–70;

для проверки химического состава — по ГОСТ 7565–81.

Для проверки механических свойств, склонности к МКК, загрязненности неметаллическими включениями и величины зерна допускается от партии, состоящей из листов разной толщины и одного режима термообработки, отбирать лист наибольшей толщины.

3. Обязательно выполнение УЗК по п.3.106 ГОСТ 7350–77 (Примечание 20 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|--|-------|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 9940–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ø 57–219 s 3,5–32 | — | 529 | 35 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Для труб с соотношением D_w/s , равным или менее 8, допускается снижение σ_b на 19,6 Н/мм².

2. По требованию потребителя трубы должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии (МКК).

3. Проверку стойкости против МКК проводят по ГОСТ 6032–2003.

4. Для контроля качества от партии отбирают: две трубы — для испытаний на растяжение; одну трубу — на сплющивание или раздачу; две трубы — на МКК.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, отобранных от той же партии.

Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

5. Только для трубопроводов группы С с обязательным выполнением УЗК (Примечание 21 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|--|-------|-------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 9941–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ø 5–273 s 0,2–22 | — | 529 | 35 | — | — | — | — |

Примечания.

1. По требованию потребителя проводят определение $\sigma_{0,2}$.

2. Нормы $\sigma_{0,2}$ устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем.

3. По требованию потребителя трубы должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии (МКК).

4. Проверку стойкости против МКК проводят по ГОСТ 6032–2003.

5. Для контроля качества от партии отбирают: две трубы — для испытаний на растяжение; одну трубу — на сплющивание или раздачу; две трубы — на МКК.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, отобранных от той же партии.

Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

6. Только для трубопроводов группы С с обязательным выполнением УЗК (Примечание 21 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ^1 , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|--|-------|-------------------|---------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | Класс | | | | | | | | |
| ГОСТ 18143–72 | В состоянии поставки термообработанная | | | 1 класс | ø 1,0–6,0 | — | 540–830 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | 2 класс | ø 1,0–6,0 | — | 540–830 | 20 | — | — | — | — |
| | Холодногнутая | | | | ø 1,0–6,0 | — | 1080–1420 | — | — | — | — | — |

¹ Относительное удлинение при расчетной длине образца 100 мм.

По требованию потребителя относительное удлинение проволоки 1-го класса диаметром 3,5 мм — не менее 35%.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 25054–81 | Закалка | 1050–1100 | Вода или воздух | До 200 | 196 | 510 | 38 | 50 | — | — | ≤ 200 |
| | | | | Свыше 200 до 500 | 196 | 510 | 36 | 47 | — | — | ≤ 200 |
| | | | | Свыше 500 до 1000 | 196 | 510 | 30 | 45 | — | — | ≤ 200 |

| 10X17H13M2Г (X17H13M2Г, ЭИ 448) | | Механические свойства | | | |
|---------------------------------|---|-------------------------|---|--------------|--|
| Показатели механических свойств | Допускаемое снижение норм механических свойств, % | | | | |
| | для поперечных образцов | для радиальных образцов | для тангенциальных образцов поковок диаметром | | |
| | | | до 300 мм | свыше 300 мм | |
| Предел прочности | 10 | 10 | 5 | 5 | |
| Предел текучести | 10 | 10 | 5 | 5 | |
| Относительное удлинение | 50 | 35 | 25 | 30 | |
| Относительное сужение | 40 | 35 | 20 | 25 | |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ОСТ 95–29–72 | Аустенитизация | 1020–1100 | Вода или воздух | Не оговаривается | 20 | не менее | | | | | | |
| | | | | | | Образцы продольные | | | | | | |
| | | | | | 20 | 216 | 510 | 37 | 45 | — | — | — |
| | | | | | 350 | 176 | 352 | — | — | — | — | — |

Примечания.

1. Для заготовок деталей из стали, подведомственной “Правилам устройства и безопасной эксплуатации оборудования АЭС, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок”, производится определение относительного сужения (ψ) при 20°C. Значение ψ не менее 45%. Одновременно для заготовок деталей III и IV групп определяются относительное сужение (ψ) и относительное удлинение (δ) при температуре 350°C. Значения ψ и δ при 350°C не являются сдаточными, но заносятся в документ о качестве.

2. Допускается проводить испытания механических свойств на поперечных, тангенциальных и радиальных образцах.

При проведении механических испытаний на поперечных, тангенциальных и радиальных образцах допускается снижение механических свойств: σ_b и $\sigma_{0,2}$ на 5%; δ и ψ на 25% (относительных).

3. Термообработанные заготовки проверяют на МКК по ГОСТ 6032–2003.

С обязательным выполнением УЗК (Примечание 26 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

Назначение. Оборудование РБН. Аппараты и сосуды, работающие в средах повышенной агрессивности (растворах фосфорной, уксусной, серной, лимонной и др. кислот), а также лопатки газодувок, штампуемые из листовой стали; заклепки, изготавливаемые методом горячей высадки; поковки дисков, покрывки; валы, другие детали компрессорных машин; детали турбин, трубы.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса.

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | | ПС | | 20 | 240 | 570 | 45 | 65 | — | — | — |
| | | | | 100 | 235 | 515 | 45 | 68 | — | — | — |
| | | | | 200 | 190 | 460 | 38 | 65 | — | — | — |
| | | | | 300 | 170 | 420 | 30 | 60 | — | — | — |
| | | | | 400 | 160 | 420 | 32 | 60 | — | — | — |
| | | | | 500 | 145 | 400 | 30 | 55 | — | — | — |
| | | | | 600 | 140 | 360 | 28 | 52 | — | — | — |
| | | | | 700 | 130 | 290 | 20 | 40 | — | — | — |

Испытание на скручивание стали [15]

| t, °C | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1250 |
|------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Число оборотов до разрушения | 6,5 | 8,0 | 7,7 | 8,0 | 12,0 | 13,4 | 16,4 | 16,8 |

| 10X17H13M2T (X17H13M2T, ЭИ 448) | | | | | | |
|---|--|---|--|-----------------------------------|-------------------------|--|
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | Жаростойкость [1] | | | | |
| — | | Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | Жаростойкая при длительных сроках службы до температуры 600°С | | | | |
| Время, ч | t, °С | | | | КСУ, Дж/см ² | |
| Исходное состояние | | | | | — | |
| — | — | | | | — | |
| Коррозионная стойкость [1, 7] | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости | | |
| Общая | Лимонная кислота, 50% | кипение | — | 1 | | |
| | H ₂ SO ₄ , 25% | до 75 | — | 1 | | |
| | H ₃ PO ₄ | 25% | кипение | — | 1 | |
| | | 40% | до 100 | — | 1 | |
| Точечная | Повышенная стойкость по сравнению со сталью типа 18–8 | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | 42% MgCl ₂ | 154 | Разрушение через 5–25 ч | Напряжение выше предела текучести | | |
| Межкристаллитная | Устойчива к МКК при испытании по ГОСТ 6032–2003 после закалки и отпуска при 650°С, 1 ч | | | | | |
| Коррозионная стойкость [27] | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | Группа стойкости | | |
| Общая | Азотная кислота, 1–37% | 20 до кипения | ≤ 0,11 | — | | |
| | Азотная кислота, 50–66% | 20 | < 0,11 | — | | |
| | Азотная кислота, 50% | кипение | < 0,11 | — | | |
| | Азотная кислота, 66% | кипение | 1,1 | — | | |
| | Азотная кислота, 99% | 20 | 1,1 | — | | |
| | Азотная кислота, 99% | 84 | 11 | — | | |
| | Азотная кислота, 98,5% | 30 (пары) | 1,46 | — | | |
| | Азотная кислота, 98,5% | 30 (жидкость) | 1,85 | — | | |
| Технологические характеристики [1, 7] | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | |
| Слиток | 1180–850 | До 300 | В штабелях на воздухе | До 350 | На воздухе | |
| Заготовка | 1220–900 | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД (электроды ЭА–400/10у, ЭНТУ–3М, ЦЛ–4 и др.), РАД, АФ | | | В термически обработанном состоянии при $\sigma_b = 530$ Н/мм ² K _v = 0,85 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | | | |

| Марка стали | Вид поставки |
|---------------------------------------|--|
| 10X17H13M3T (X17H13M3T, ЭИ 432) | Лента — ГОСТ 4986–79. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Лист двухслойный — ГОСТ 10885–85. Трубы — ГОСТ 11068–81. Поковки — ГОСТ 25054–81. Проволока — ГОСТ 18143–72, ТУ 108.11.992–88. Прутки — ТУ 14–1–748–73. Трубная заготовка — ТУ 14–1–565–84. Профили фасонные — ТУ 14–1–1271–75. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti |
|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| ≤ 0,10 | ≤ 0,80 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 16,0–18,0 | 12,0–14,0 | 3,00–4,00 | 5 × C – 0,70 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------------------|----------------------|-----------|------------------------|------------------------|---|---------------------------------------|---------|---------|----------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4986–79 | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | 0,05–0,2 | — | 530 | 20 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 0,2–2,0 | — | 530 | 40 | — | — | — | — |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | 0,7–3,9 | — | 530 | 38 | — | — | — | — |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1050–1100 | Вода, масло, воздух | До 60 ¹ | 196 | 530 | 40 | 55 | — | — | — |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 1030–1080 | Вода или воздух | 4–50 | 235 | 530 | 37 | — | — | — | — |
| ГОСТ 11068–81 | В состоянии поставки | | | ø 8 – 102 s 1,0–4,0 | По согласованию | | | | | — | — |

¹ Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается понижение δ на 1%, ψ на 5%; от 100 до 150 мм — δ на 3%, ψ на 10%.

| НД | Режим термообработки | | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------------------|----------------------|-------|----------------------|---------|----------------|---|---------------------------------------|---------|---------|----------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | Класс | | | | | | | | |
| ГОСТ 18143–72 | Термообработанная | | | 1 класс | 1,0–6,0 | — | 540–830 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | 2 класс | 1,0–6,0 | — | 540–830 | 20 | — | — | — | — |
| | Нагартованная | | | | 1,0–6,0 | — | 1080–1420 | — | — | — | — | — |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------------------|----------------------|-----------|----------------------|-------------------------|---|---------------------------------------|---------|---------|----------------------------|-----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 25054–81 | Закалка | 1050–1100 | Вода или воздух | До 200 | 196 | 510 | 38 | 50 | — | — | 200 |
| | | | | Свыше 200 до 500 | 196 | 510 | 36 | 45 | — | — | 200 |
| | | | | Свыше 500 до 1000 | 196 | 510 | 30 | 40 | — | — | 200 |

10X17H13M3T (X17H13M3T, ЭИ 432)

Назначение. Аппараты и сосуды, работающие в средах повышенной агрессивности. Лопатки газодувок, штампуемых из листовой стали; заклепки, изготавливаемые методом горячей высадки; поковки дисков, покрышек, валов и других деталей компрессорных машин; детали турбин.

Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса.

Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч

—

Жаростойкость [1]

Среда

t, °C

Скорость коррозии, мм/год

База испытаний, ч

Чувствительность к охрупчиванию при старении

Окалиностойкая при длительном сроке службы при температуре до 600°C

Время, ч

t, °C

КСУ, Дж/см²

Исходное состояние

—

—

—

Коррозионная стойкость [1]

Вид коррозии

Среда

t, °C

Длительность, ч

Балл стойкости

Общая

Лимонная кислота 50%

Кипение

—

1

H₂SO₄ 25%

До 75

—

1

H₃PO₄ 25%

Кипение

—

1

H₃PO₄ 40%

До 100

—

1

Точечная

Повышенная стойкость по сравнению со сталью типа 18–8

Коррозионное растрескивание

42% MgCl₂

154

Разрушение через 5–25 ч

Напряжение выше предела текучести

Межкристаллитная

Устойчива к МКК при испытании по ГОСТ 6032–2003, методы АМ и АМУ, после закалки и отпуска при 650°C

Технологические характеристики [1]

Ковка

Охлаждение поковок, изготовленных

Вид полуфабриката

Температурный интервал ковки, °C

из слитков

из заготовок

Размер сечения, мм

Условия охлаждения

Размер сечения, мм

Условия охлаждения

Слиток

1160–850

—

—

—

—

Заготовка

—

Свариваемость

Обрабатываемость резанием

Сваривается без ограничений.

Способы сварки: РД (электроды ЭА–400/10у, ЭНТУ–3М, ЦЛ–4 и др.), РАД, АФ, ЭШ и КТ

В состоянии закалки

при 137–143 НВ и $\sigma_n = 580$ Н/мм²K_v = 0,9 (твердый сплав)

| Марка стали | Вид поставки |
|-------------------------------------|--|
| 03X17H14M3 (000X17H13M2) | Лист тонкий холоднокатаный — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–692–73, ТУ 14–3–396–75. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Поковки — ГОСТ 5949–75. Листы горячекатаные — ТУ 14–1–1154–74, ТУ 14–1–1541–75, ТУ 14–1–2144–77. Трубы — ТУ 14–3–396–75. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu |
|-------|-------|-----------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-------|
| ≤0,03 | ≤0,40 | 1,00–2,00 | ≤0,020 | ≤0,035 | 16,0–18,0 | 13,0–15,0 | 2,50–3,10 | ≤0,25 |

Примечания.

- По соглашению сторон содержание титана не должно превышать 0,05%.
- Допускается присутствие вольфрама и ванадия — не более чем 0,20% каждого, если иное содержание этих элементов не оговорено в стандартах или технических условиях.
- Определение содержания остаточных элементов (Al, Ti, V и Cu) допускается не производить.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 1030–1070 | Вода или воздух | Лист г/к 1,5–3,9 Лист х/к 0,7–3,9 | 196 | 490 | 40 | — | — | — | — |
| | | | | | | | | | | | |

Примечания.

- По согласованию потребителя с изготовителем допускается изменение режима и вида термической обработки.
- Сталь не должна обладать склонностью к МКК.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Отжиг или отпуск | ПС | | До 200 | — | — | — | — | — | — | * |
| | Закалка | 1030–1100 | Вода | До 200 | 196 | 490 | 40 | — | — | — | — |

* Твердость горячекатаной и кованой стали в отожженном или отпущенном состоянии устанавливается по согласованию между изготовителем и потребителем.

Примечания.

- Нормы механических свойств относятся к образцам, отобранным от стали диаметром или толщиной до 60 мм. Для сечения диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %. Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. %. Свойства стали диаметром или стороной квадрата более 100 мм допускается проверять на пробах, перекованных или перекатанных на размер 80–100 мм. Нормы механических свойств образцов в этом случае должны соответствовать указанным в таблице выше.
- В соответствии с заказом потребителя сталь изготовляют:
 - а) с проверкой на отсутствие склонности к МКК;
 - б) с травленной поверхностью;
 - в) с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;
 - г) с нормированием содержания α -фазы;
 - д) без проверки механических свойств и т.д.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----------------|----------------------|-----------|-------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14–1–240–72 | Закалка | 1080–1100 | Вода | По согласованному размеру | Пруток | | | | | | |
| | | | | | 200 | 500 | 40 | — | — | — | — |
| ТУ 14–1–692–73 | Закалка | 1080–1100 | Вода | 0,8–3,9 | Лист холоднокатаный | | | | | | |
| | | | | | 200 | 500 | — | — | — | — | — |
| ТУ 14–1–1154–74 | Закалка | 1080–1100 | Вода | 8–20 | Лист горячекатаный | | | | | | |
| | | | | | 200 | 500 | 40 | — | — | — | — |
| ТУ 14–1–1541–75 | Закалка | 1080–1100 | Вода | 4–11× 1000× 1200–2000 | Лист горячекатаный | | | | | | |
| | | | | | 200 | 500 | 40 | — | — | — | — |
| ТУ 14–1–2144–77 | Закалка | 1080–1100 | Вода | 20–50 | Лист горячекатаный | | | | | | |
| | | | | | 200 | 500 | 40 | — | — | — | — |

| 08X17H14M3 (000X17H13M2) | | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------|-----------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|--|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-396-75 | Закалка | 1080-1100 | Вода | Ø 89-159 | Труба бесшовная горячедеформированная | | | | | | | |
| | | | | | 200 | 500 | 30 | — | — | — | — | |
| | | | | Ø 25-89 | Труба холоднодеформированная | | | | | | | |
| | | | | | 200 | 500 | 30 | — | — | — | — | |

Примечания.

1. По ТУ 14-1-240-72, ТУ 14-1-692-73, ТУ 14-1-1154-74, ТУ 14-1-1541-75 и ТУ 14-1-2144-77 сталь не должна быть склонна к МКК при испытании в 65% кипящей азотной кислоте (плотность 1,41 г/см³) приготовленной из особо чистой кислоты марки ОСЧ-11-3 по ГОСТ 11125-84 и дистиллированной воды. Продолжительность испытаний по всем техническим условиям, кроме ТУ 14-1-2144-77, три цикла по 48 ч на образцах в закаленном состоянии; по ТУ 14-1-2144-77 продолжительность испытаний 5 циклов по 48 ч. Скорость коррозии не должна превышать 0,5 мм/год.

2. По ГОСТ 5582-75 сталь не должна быть склонна к МКК по методу ДУ ГОСТ 6032-2003; по ТУ 14-1-1847-76 контроль на стойкость к МКК осуществляется по методу АМУ ГОСТ 6032-2003.

3. Во всех случаях контроль стойкости стали к МКК проводят на образцах в состоянии поставки, т.е. после закалки.

Назначение. Применяют для изготовления сварных конструкций, а также для конструкций, работающих в условиях производства карбамида, в кипящей фосфорной и 10%-й уксусной кислотах и в некоторых сернистых средах. При производстве карбамида изготавливают смесители и футеровки колонн, а при производстве капролактама из нее делают реакторы окисления циклогексана.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса.

| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-------------|---------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------------------|----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | n ¹ , об | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [6] | Закалка | 1100 | Вода | Лист | 20 | 260 | 620 | 60 | — | — | — | — | |
| | | | | | 6,0 | 200 | 490 | 45 | — | — | — | — | |
| | | | | Лист | 400 | 280 | 510 | 30 | — | — | — | — | |
| | | | | | 600 | 100 | 400 | 50 | — | — | — | — | |
| | | | | | -196 | 600 | 1100 | 60 | — | — | — | — | |
| | | | | | -100 | 380 | 800 | 70 | — | — | — | — | |
| | | | | | -50 | 320 | 700 | 65 | — | — | — | — | |
| | | | | | Закалка | 1100 | Вода | Лист | 800 | 200 | 280 | 23 | 30 |
| | 20,0 | 900 | 100 | 130 | | | | | 57 | 58 | 210 | 6 | — |
| | 1000 | 50 | 80 | 78 | | | | | 70 | 200 | 7-8 | — | |
| | 1100 | 20 | 50 | 78 | | | | | 62 | 150 | 10 | — | |
| | | | | | 1200 | 10 | 20 | 95 | 95 | 100 | 13-15 | — | |

¹ n, об — число оборотов до разрушения при испытании на кручение со скоростью 1 об/мин.

| Коррозионная стойкость [15, 27] | | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----------------|----------------|
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
| Общая | Сварные соединения стали в среде синтеза карбамида имеют скорость коррозии 0,041-0,11 мм/год | | | |
| Точечная | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | |
| Межкристаллитная | Обладает более высокой стойкостью против МКК и ножевой коррозии чем стали марок 08X17H15M3 и 10X17H13M2T | | | |

| Технологические характеристики [15, 27] | | | | | |
|---|----------------------------------|--|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных из слитков | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180-850 | До 300 | В штабелях на воздухе | До 300 | В штабелях на воздухе |
| Заготовка | 1180-850 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием |
|--|--|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД и АФ | В термически обработанном состоянии при $\sigma_b = 500$ Н/мм ² K _v = 0,85 (твердый сплав), K _r = 0,5 (быстрорежущая сталь) |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|---|--|-------------------|--------------------|------------------------------------|---|----------------|--------------------|-------------------------|-----|----|
| 08X17H15M3T (ЭИ 580) | | Лист холоднокатаный — ГОСТ 5582–75. Пруток — ГОСТ 5949–75. Лист горячекатаный — ГОСТ 7350–77. Трубы бесшовные холоднодеформированные — ГОСТ 9941–81. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | | | |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,80 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 16,0–18,0 | 14,0–16,0 | 3,00–4,00 | 0,30–0,60 | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | Лист х/к | 205 | 530 | 35 | — | — | — | — |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | Пруток | 200 | 500 | 35 | 45 | — | — | — |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | Лист г/к | 196 | 510 | 40 | — | — | — | — |
| <p>Назначение. Для изготовления колонн синтеза мочевины, так как использование для этих целей сталей с более низким содержанием никеля обычно приводит к избирательной коррозии по участкам δ-феррита. Сталь также применяется в теплоэнергетике (в сварных конструкциях).</p> <p>Сталь стабильноаустенитная.</p> | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [15] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | | Балл стойкости | | | | |
| Общая | Лимонная кислота 50% | | Кипение | | ≤ 0,1 | | 1 | | | | |
| | Муравьиная кислота 10% | | До 100 | | — | | — | | | | |
| | Серная кислота 5, 10, 25% | | До 75 | | — | | — | | | | |
| | Уксусная кислота 50% | | До 100 | | — | | — | | | | |
| | Уксусная кислота 80% | | До 80 | | — | | — | | | | |
| | Фосфорная кислота 25% | | Кипение | | — | | — | | | | |
| | Фосфорная кислота 40% | | До 100 | | — | | — | | | | |
| Точечная | Повышенная стойкость (за счет присутствия молибдена) к питтинговой коррозии в средах, содержащих ионы хлора, по сравнению со сталью типа 18–10. Наряду с этим молибден снижает стойкость стали против межкристаллитной коррозии в средах окислительного характера | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | Предусмотрен контроль на стойкость к МКК по ГОСТ 6032–2003, методы АМ и АМУ, после провоцирующего нагрева при 650°C в течение 1 ч. | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | Предусмотрен контроль на стойкость к МКК по ГОСТ 6032–2003, методы АМ и АМУ, после провоцирующего нагрева при 650°C в течение 1 ч. | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1200–850 | До 350 | | На воздухе | | — | | — | | | |
| Заготовка | — | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД и АФ | | | | | | В состоянии закалки при $\sigma_B = 520$ Н/мм ² $K_v = 0,85$ (твердый сплав), $K_v = 0,50$ (быстрорежущая сталь) | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|-------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------|--|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 01X18M2T-ВИ | | Трубная заготовка — ТУ 14-1-3547-83. Трубы — ТУ 14-3-1275-83. Проволока сварочная — ТУ 14-1-3996-85. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-3547-83 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Mo | Ni | Cu | N | Ti | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,01 | ≤ 0,50 | ≤ 0,70 | ≤ 0,015 | ≤ 0,015 | 17,0–19,0 | 1,80–2,50 | ≤ 0,40 | ≤ 0,15 | ≤ 0,01 | 0,25–0,45 | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ТУ 14-3-1275-83 | Закалка | 900 | Вода | ø 25–75 s 2,0–3,0 | 215 | 392 | 25 | — | — | — | — | | | |
| Назначение. Сталь предназначена для изготовления теплообменного химического и нефтехимического оборудования, эксплуатирующегося при температурах от 20 до 300°С, в средах производства каустической соды, хлороорганических продуктов, в средах с высоким содержанием ионов хлора, в нефтеперерабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. | | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч | | | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | | | | | | |
| По жаростойкости близка к стали 015X18M2Б-ВИ | | | | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | | | | |
| | | | | Время, ч | | t, °С | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | |
| | | | | Исходное состояние | | 300 | | | | | | | | |
| | | | | До температуры 300°С не претерпевает структурных превращений. Склонна к охрупчиванию при 475°С. | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °С | Длительность, ч | | | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | По коррозионным свойствам близка к стали 015X18M2Б-ВИ | | | | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметрыковки, °С | | | | Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | |
| 1160–850 | | | | Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД и РАД. | | | | | В состоянии отжига при 180 НВ и σ _b = 392 Н/мм ² K _v = 1,83 (твердый сплав), K _v = 1,6 (быстрорежущая сталь) | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|-------------------|--|---|---------------------------------------|-----------|--|----------------------------|--------|---------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
| 015X18M2Б-ВИ (ЭП 882-ВИ) | | Трубная заготовка — ТУ 14-1-2466-78, ТУ 14-1-2465-78. Трубы — ТУ 14-3-1405-86, ТУ 14-242-136-75. Лист — ТУ 14-1-2194-77. Проволока сварочная — ТУ 14-1-2395-78. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-2466-78 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Mo | Nb | Ni | Cu | Al | N | Ce | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,015 | ≤ 0,30 | ≤ 0,50 | ≤ 0,02 | ≤ 0,015 | 16,5–18,5 | 1,50–2,50 | 0,15–0,25 | ≤ 0,30 | ≤ 0,15 | ≤ 0,20 | ≤ 0,015 | По рас- чету 0,05 | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| ТУ 14-1-2466-78 | Отжиг | 800 | Вода | ø 20–25 | 245 | 373 | 22 | 55 | — | — | — | | | | | |
| ТУ 14-3-1405-86 | Отжиг | 930 | Вода | ø 13–76 s 1,2–10 | 245 | 373 | 22 | — | — | — | 182 | | | | | |
| ТУ 14-1-2194-77 | Отжиг | 840–860 | Вода | 5–20 | 274 | 441 | 30 | — | — | — | — | | | | | |
| <p>Назначение. Сталь предназначена для изготовления теплообменного оборудования энергетических установок, работающих в условиях воздействия пароводяной среды высоких параметров (трубные системы сепараторов-пароперегревателей, парогенераторов, бойлеров, конденсаторов, греющих секций испарителей, а также трубных досок и корпусов теплообменников с толщиной стенки не более 10 мм). Максимальная температура эксплуатации в указанных условиях — 350°С. Сталь рекомендуется для применения в химической, нефтеперерабатывающей, пищевой и целлюлозно-бумажной промышленности, а также в условиях, где требуется высокая устойчивость к хлоридному растрескиванию.</p> <p>Сталь может быть использована как жаростойкий материал для ненагруженных деталей, работающих при температуре до 900°С.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч | | | | | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | | | | | | | | |
| Воздух | 800 | 0,0026 | 3000 | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | | | | | | |
| | 1000 | 0,0064 | 800 | Время, ч | | | | t, °С | | | | KCV, Дж/см ² | | | | |
| Пар | 700 | 0,0010 | 3000 | Исходное состояние | | | | | | | | | | | | |
| | 800 | 0,0066 | 3000 | 255–363 | | | | | | | | | | | | |
| Продукты сгорания природного газа: 13% CO ₂ , 11% H ₂ O, 3% O ₂ , 0,15% SO ₂ , остальное N ₂ | 800 | 0,0068 | 3000 | 3000 | | | | 350 | | | | 118–216 | | | | |
| | | | | 3000 | | | | 450 | | | | 3–5 | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | | | t, °С | Длительность, ч | | | Балл стойкости | | | | | | | | |
| Общая | Вода высоких параметров, содержащая от 1 до 50 мг/кг хлор-ионов и 0,3–6 мг/кг кислорода | | | 350 | 3000 | | | 1 | | | | | | | | |
| Точечная | То же | | | 350 | 3000 | | | Питтинги отсутствуют | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | 42% MgCl ₂ | | | 154 | 1000 | | | Трещин не обнаружено | | | | | | | | |
| | 25% NaCl + 0,5% K ₂ Cr ₂ O ₇ | | | 200 | 1000 | | | Трещин не обнаружено | | | | | | | | |
| | 200 мг/кг Cl ⁻ , 0,3–6 мг/кг кислорода | | | 320 | 3000 | | | Трещин не обнаружено | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | Сталь не склонна к МКК при испытании по методам АМ и АМУ ГОСТ 6032–2003. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметрыковки, °С | | | | Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | | |
| 1050–750 | | | | Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД и РАД. Предварительный подогрев и последующая термообработка не требуются. | | | | В состоянии отжига при 182 НВ и σ _b = 480 Н/мм ² K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 0,75 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|---------------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
| 03X18ЮЗБТ, 03X18ЮЗБТ-ВИ | | Листы — ТУ 14-131-981-01. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-131-981-01 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ti | Nb | Al | N | Cu | Fe | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,03 | ≤ 0,30 | ≤ 0,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 16,5–18,5 | 0,10–0,40 | 0,20–0,40 | 2,50–3,00 | ≤ 0,03 | ≤ 0,15 | основа | — | — | — | — |
| Суммарное содержание углерода и азота в стали вакуумной выплавки не должно превышать 0,005%. | | | | | | | | | | | | — | — | — | — |
| Допустимое отклонение по алюминию от –0,5 до +0,2%. | | | | | | | | | | | | — | — | — | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-131-981-01 | Отжиг | 920–940, 3 мин/мм | Вода | 4–22 | 325 | 440 | 25 | 75 | — | — | — |
| не менее | | | | | | | | | | | |

Назначение. Изготовление элементов дистанционирования, крепежа поверхностного нагрева пароперегревателей котельных установок и других малонагруженных изделий, работающих при высоких температурах в условиях сжигания всех видов топлива, применимого на тепловых станциях.

Сталь жаростойкая и коррозионно-стойкая ферритного класса.

Жаростойкость

| Среда | t, °С | Длительность, ч | Глубина коррозии, мм |
|--|-------|-----------------|----------------------|
| Воздух | 900 | 500 | 0,0060 |
| | 950 | 2000 | 0,0020 |
| | 1000 | 500 | 0,0008 |
| | 1000 | 2000 | 0,0025 |
| | 1100 | 2000 | 0,0040 |
| | 1200 | 2000 | 0,0060 |
| Продукты сгорания серосодержащих углей: 0,15–0,20% SO ₂ , 13–14% CO ₂ , 4–4% O ₂ , 8–10% H ₂ O, остальное N ₂ | 1000 | 2000 | 0,0020 |
| | 1200 | 1000 | 0,0103 |
| | 1200 | 2000 | 0,0130 |

Технологические характеристики

| Температурные параметрыковки, °С | Свариваемость | Обрабатываемость резанием |
|--|--|--|
| 1140–850 | Способы сварки: РД и РАД без подогрева и последующей термообработки сварных соединений. Электрод ЦЛ–25 | В отожженном состоянии при σ _в = 440 Н/мм ² K _v = 0,9 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) |
| Технологии вальцовки, резки и гибки | | |
| Предварительный прогрев до 100–200°С | | |

| | |
|--------------------|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 09X18H9 | Лист — ТУ 14-1-3409-82, ТУ 108-11-328-78. Сортовой прокат — ТУ 14-1-1288-75*. Покówki — ТУ 14-1-1288-75*. Трубы — ТУ 14-3P-52-2001, ТУ 14-3-760-78, ТУ 14-3-1061-81, ТУ 14-3-1233-84. |

| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | НД |
|----------------------------|--------|-----------|---------|---------|-----------|----------|--------|--------|------------------------------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Cu | |
| 0,07-0,10 | ≤ 0,80 | 1,20-2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 17,0-19,0 | 8,0-10,0 | ≤ 0,10 | ≤ 0,25 | ТУ 14-1-3409-82 |
| 0,07-0,10 | ≤ 0,80 | 1,00-2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 17,0-19,0 | 8,0-10,0 | ≤ 0,10 | ≤ 0,30 | ТУ 14-3-760-78, ТУ 14-3-1233-84 |

1. Допускается отклонение по С на минус 0,01%.
2. Содержание ферритной фазы в стали должно быть в пределах 1-4%.
3. Остаточное содержание элементов в химическом составе стали в соответствии с ГОСТ 5632-72 (ТУ 14-3-760-78).

| Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|-------|-------------------|--|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-760-78 | В состоянии поставки термообработанные | | | φ _н 16 s 1,4 и 2,5 φ _н 18 s 2,0 φ _н 25 s 2,5 | 20 | 196 | 490 | 40 | — | — | — | — |
| | | | | | 600 | 98 | 294 | — | — | — | — | — |

Трубы из стали испытанию на склонность к МКК не подвергаются.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----------------|--|-------|-------------------|---|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-1233-84 | Холоднодеформированные трубы в термически обработанном состоянии | | | φ _н 16 s 1,4; 2,0; 2,5 φ _н 20 s 1,4; 2,0 φ _н 25 s 2,0; 2,5 φ _н 28 s 2,8 φ _н 32 s 3,5 φ _н 35 s 9,0 φ _н 38 s 11,0 φ _н 46 s 9,0 φ _н 48 s 4,0 φ _н 50 s 4,0 φ _н 55 s 10,0 φ _н 56 s 3,0 φ _н 70 s 12,0 φ _н 89 s 4,5 | 20 | 196 | 490 | 40 | — | — | — | — |
| | | | | | 600 | 98 | 294 | 22 | — | — | — | — |

Трубы изготавливают немерной длины от 1,5 до 8 м, мерной длины не более 7 м. По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготовление труб мерной длины более 7 м.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----------------|----------------------|-----------|-------------------|--|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-3409-82 | Аустенитизация | 1050-1070 | Воздух | 10×1850×6200 12×1650×6000 | 20 | 196 | 490 | 50 | — | — | — | — |
| | | | | 13×1300×6200 13×1960×6000 15×1960×6000 | 530 | 116 | 313 | 30 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Указаны размеры листов, применяемых для изготовления электросварных прямошовных труб.
2. Листы из стали, применяемые для изготовления электросварных прямошовных труб, должны иметь предел текучести при комнатной температуре не более 294 Н/мм².
3. Допускается поставка не более 20% листов с пределом текучести не более 343 Н/мм² с выделением этих листов в отдельную партию.
4. Листы толщиной до 12 мм испытываются только при комнатной температуре.
5. По требованию заказчика до 25% массы листов из стали толщиной 12 мм и более поставляются с повышенным против указанных норм предела текучести при температуре 530°C с дополнительным определением предела текучести при температуре 300°C. Для таких листов значения предела текучести устанавливаются: при температуре 530°C — не менее 137 Н/мм²; при температуре 300°C — не менее 157 Н/мм².

09X18H9

Механические свойства

5. Макроструктура листов не должна иметь следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений и пузырей, видимых невооруженным глазом.

6. Листы из стали контролируются на величину зерна, которая должна быть не крупнее балла 5–6.

7. Все листы толщиной 10 мм и более подвергаются УЗК в соответствии с ГОСТ 22727–88.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
|-----|----------------------|-----------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [2] | Аустенитизация | 1050–1080 | Воздух | Прутки | 20 | 196 | 490 | 45 | — | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 300 | 127 | — | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | | | 530 | 98 | 294 | 30 | — | — | — | | | | | | |

Назначение. Детали и узлы оборудования и трубопроводов АЭУ с жидкометаллическим теплоносителем, а также крупные корпусные детали, работающие при температуре до 600°C.

Сталь применяется только для изделий, работающих в контакте с жидкометаллическим теплоносителем (в РБН) (ПНАЭГ–7–008–89).

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь коррозионно-стойкая и жаростойкая аустенитного класса, содержание α -фазы 1–4%.

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | | | | | |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [16] | Закалка | 1050 | Вода | Листы | 20 | 210 | 580 | 60 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 400 | 110 | 420 | 46 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 480 | 100 | 390 | 45 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 540 | 98 | 370 | 44 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 600 | 84 | 340 | 39 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 650 | 77 | 300 | 37 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 700 | 75 | 240 | 35 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 750 | 74 | 190 | 31 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 800 | 70 | 150 | 30 | — | — | — | | | | | |

Удлинение определено для листов на расчетной длине $l_0 = 5,65 \sqrt{F_0}$.

Жаростойкость [16]

| Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч |
|--|-------|---------------------------|-------------------|
| Сталь устойчива против окисления в атмосфере нагретого воздуха при температурах до 900°C | | | |

Коррозионная стойкость [2, 7]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Глубина коррозии, мм/год | Балл стойкости |
|-----------------------------|---|-------|-----------------|--------------------------|----------------|
| Общая | По коррозионным свойствам близка к стали марки 12X18H9T | | | | |
| Точечная | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | |
| Межкристаллитная | Сталь может быть склонна к МКК даже в закаленном состоянии. Нагрев до 600–650°C приводит сталь в склонное к МКК состояние. Детали при длительной работе в агрессивных средах, в воде или в среде пара могут разрушаться межкристаллитной коррозией. | | | | |

Технологические характеристики [2, 7]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервалковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–800 | До 350 | На воздухе | До 350 | На воздухе |
| Заготовка | 1200–800 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием |
|--|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ | В закаленном состоянии при 169 HB и $\sigma_b = 608$ Н/мм ² $K_r = 0,85$ (твердый сплав), $K_r = 0,35$ (быстрорежущая сталь) |

* Примечание к ТУ 14–1–1288–75

В термообработанном состоянии с обязательным выполнением УЗК (Примечание 24 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| | |
|--|--|
| Марка стали | Вид поставки |
| 10X18H9, 10X18H9-ВД, 10X18H9-III | Поковки — ТУ 108.11.937-87. Листы. — ТУ 108.11.937-87. |

Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.11.937-87

| | | | | | | | | |
|--------|--------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|--------|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Cu |
| ≤ 0,10 | ≤ 0,80 | 1,00-2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 17,0-19,0 | 8,00-10,0 | ≤ 0,10 | ≤ 0,25 |

Примечания.

1. Допускаются отклонения от химического состава стали: по углероду + 0,01%; по кремнию + 0,10%; по хрому ± 0,20%; по никелю + 0,20%; по титану и меди + 0,05% каждого; по марганцу минус 0,40% при выплавке металла методом ВДП и минус 0,30% при выплавке другими методами.
2. Содержание ферритной фазы в стали должно быть в пределах 1-4%.
3. Допускается отклонение по ферритной фазе $\begin{matrix} +2,0\% \\ -0,5\% \end{matrix}$.
4. Производится определение азота. Результаты определения не являются сдаточными, но заносятся в сертификат.

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-------------------|----------------------|-----------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² |
| ТУ 108.11.937-87 | Аустенитизация | 1050-1070 | Воздух | Поковки. | 20 | 195 | 490 | 45 | 55 | — | — | — | | | | | |
| | | | | Толщина от 60 до 300 | 300 | 125 | 295 | 30 | 50 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 400 | 120 | 295 | 30 | 50 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 530 | 100 | 295 | 30 | 50 | — | — | — | | | | | |
| | | | | Листы. | 1050-1070 | Воздух | 20 | 195 | 490 | 50 | 50 | — | — | — | — | | |
| | | | | | | | Толщина от 16 до 160 | 300 | 125 | 325 | 30 | 50 | — | — | — | | |
| | | | | | | | | 400 | 120 | 325 | 30 | 50 | — | — | — | | |
| | | | | | | | | 530 | 100 | 325 | 30 | 50 | — | — | — | | |

Назначение. Детали турбин, сварные детали и конструкции различного назначения, крупные корпусные детали, работающие при температуре до 600°C. Детали крепежа теплообменников.

Сталь марки 10X18H9 применяется только для изделий, работающих в контакте с жидкометаллическим теплоносителем (в РБН) (ПНАЭГ-7-008-89).

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса.

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | |
|------|-----------------------------|------------------|-------|---|-------------------|--|---------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|------|
| | | | | 1-10 | 1-10 ² | 0,1/25 | 0,2/10 ² | 0,3/10 ² | 1/10 ² | 0,5/(5-10 ²) | 1/10 ³ | |
| | | | | | | | | | | | | 1-10 |
| [16] | Закалка с 1080-1130°C, вода | Листы | 704 | 130 | 100 | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | 815 | 60 | 44 | — | — | — | — | — | — | — |
| | Закалка с 1050°C, вода | Прутки ϕ 19 | 540 | — | — | — | — | — | — | — | — | 120 |
| | | | 650 | — | — | 7 | — | — | — | — | — | 49 |
| | | | 730 | — | — | — | — | — | — | — | — | 21 |
| | | | 815 | — | — | — | — | — | — | — | — | 6 |
| | | | 870 | — | — | — | — | — | — | — | 21 | — |
| | Закалка с 1095°C, вода | Отливки | 540 | — | — | — | 137 | — | 186 | — | — | — |
| | | | 650 | — | — | — | — | 58 | 64 | — | — | 90 |

10X18H9, 10X18H9–ВД, 10X18H9–Ш

Влияние облучения на механические свойства стали

| НД | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | | σ_B , Н/мм ² | | δ , % | | δ_p , % | | ψ , % | |
|------|-------|------------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|--------------|------------------|----------------|------------------|------------|------------------|
| | | исход-ные | после облуче-ния | исход-ные | после облуче-ния | исход-ные | после облуче-ния | исход-ные | после облуче-ния | исход-ные | после облуче-ния |
| ДЦ | 20 | 308 | 550 | 620 | 638 | 70 | 43 | 60 | 29 | 72 | — |
| | 20 | 308 | 563 | 600 | 647 | 75 | 43 | 63 | 30 | 84 | — |
| | 20 | 321 | — | 653 | — | 68 | — | 60 | — | 64 | — |
| | 200 | 240 | — | 420 | — | 41 | — | 32 | — | 78 | — |
| | 200 | 238 | — | 410 | — | 41 | — | 32 | — | 75 | — |
| | 350 | 240 | 453 | 405 | 475 | 37 | 19 | 30 | 9 | 64 | — |
| | 350 | 240 | 404 | 409 | 472 | 36 | 19 | 27 | 9 | 72 | — |
| | 350 | 209 | — | 398 | — | 34 | — | 28 | — | 68 | — |
| | 500 | 200 | — | 370 | — | 37 | — | 30 | — | 72 | — |
| | 500 | 194 | — | 367 | — | 38 | — | 30 | — | 78 | — |
| | 500 | 180 | — | 383 | — | 37 | — | 30 | — | 78 | — |
| | 700 | 134 | — | 238 | — | 47 | — | 38 | — | 81 | — |
| | 700 | 156 | — | 242 | — | 55 | — | 37 | — | 72 | — |
| | 700 | 150 | — | 233 | — | 57 | — | 41 | — | 72 | — |
| | –160 | — | 519 | — | 977 | — | 52 | — | 40 | — | — |
| | –140 | — | 563 | — | 933 | — | 49 | — | 38 | — | — |
| –100 | — | 497 | — | 867 | — | 54 | — | 44 | — | — | |
| –70 | — | 585 | — | 798 | — | 53 | — | 43 | — | — | |

| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [16] | | | Термообработка | Жаростойкость [16] | | | |
|-------|---|-------------|-----------------|-------------------------------|---|-------|---------------------------|-------------------|
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч |
| 20 | 270 | — | 10 ⁷ | Листы. Закалка с 600–650°C | Сталь устойчива против окисления в воздушной среде при температурах до 850°C, а в атмосфере продуктов сгорания авиационного топлива — до 750°C. Устойчива в концентрированной азотной кислоте | | | |

Коррозионная стойкость [2]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|--|-------|----------------------------|--|
| Общая | Вода | 360 | 1000 | 1 |
| | Морская вода | 20 | — | 1 |
| | Морская вода | 130 | 44 | 1 |
| Точечная | Морская вода | — | — | 3 |
| Коррозионное растрескивание | Вода, содержащая 1 г/кг Cl ⁻ , 50 мг/кг O ₂ | 350 | Разрушение через 300–700 ч | Напряжение выше предела текучести $\sigma_{0,2}$ |
| | Вода, содержащая 100 г/кг Cl ⁻ , 450 мг/кг O ₂ | 310 | Разрушение через 10–300 ч | Напряжение 294–392 Н/мм ² |
| Межкристаллитная | Сталь может быть склонна к МКК даже в закаленном состоянии. Нагрев до 600–650°C приводит сталь в склонное к МКК состояние. | | | |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–800 | До 350 | На воздухе | До 350 | На воздухе |
| Заготовка | 1200–800 | | | | |

Свариваемость

Обрабатываемость резанием

| | |
|--|--|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ | В горячекатаном состоянии при 179 НВ K _v = 1,0 (твердый сплав) |
|--|--|

| | |
|----------------------------|--|
| Марка стали | Вид поставки |
| 12X18H9 (X18H9) | Лента — ГОСТ 4986–79. Лист — ГОСТ 5582–75, ГОСТ 7350–77. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Трубы — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81. Проволока — ГОСТ 18143–72. Прутки — ГОСТ 18907–73. Поковки — ГОСТ 25054–81, ОСТ 108.958.04–85. Трубная заготовка — ТУ 14–1–565–84. Трубки (капиллярные) — ГОСТ 14162–79. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|----------|----|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti |
| ≤ 0,12 | ≤ 0,80 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 17,0–19,0 | 8,0–10,0 | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4986–79 | Закалка | 1050–1080 | Воздух или вода | 0,05–0,2 | — | 530 | 18 | — | — | — | — |
| | | | | 0,2–2,0 | — | 530 | 35 | — | — | — | — |
| | Полунагартованная | | | 0,05–0,2 | — | 780 | 8 | — | — | — | — |
| | | | | 0,2–2,0 | — | 780 | 15 | — | — | — | — |
| | Нагартованная | | | 0,05–0,2 | — | 980 | 3 | — | — | — | — |
| | | | | 0,2–2,0 | — | 980 | 5 | — | — | — | — |
| | Высоконагартованная | | | 0,05–0,2 | — | 1130 | 2 | — | — | — | — |
| | | | | 0,2–2,0 | — | 1130 | 3 | — | — | — | — |

Примечания.

- По требованию потребителя остаточная массовая доля Ti должна быть не более 0,2%.
- Сталь не должна быть склонна к межкристаллитной коррозии.
- Расслоение в ленте не допускается.
- По требованию потребителя высоконагартованную ленту изготавливают с σ_b не менее 1200 Н/мм².
- Ширина ленты от 6,0 до 410 мм.
- Механические свойства ленты должны соответствовать нормам таблицы.
- Лента должна выдерживать без образования трещин, надрывов, расслоений или излома число перегибов, не менее:
 - из нагартованной и полунагартованной толщиной 0,2 мм и более;
 - из нагартованной и полунагартованной толщиной менее 0,2 мм.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------|---------------------------|-----------|-------------------|----------------------------------|---|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Умягчающая термообработка | | | х/к 0,7–3,9 г/к 1,5–3,9 | не менее | | | | | | |
| | Образцы поперечные | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | | 195 | 540 | 38 | — | — | — | — |
| | Нагартованное состояние | | | | Прокат с повышенными значениями механических свойств (образцы поперечные) | | | | | | |
| | | | | — | 930–1230 | 13 | — | — | — | — | |

Примечания.

- Сталь не должна обладать склонностью к межкристаллитной коррозии.
- Макроструктура стали не должна иметь следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений, трещин и пузырей, что обеспечивается технологией изготовления.
- Механические свойства проката после умягчающей термообработки должны соответствовать нормам таблицы.

Методы испытаний

- Испытание на растяжение при температуре 20⁺¹⁵₋₁₀ °C листов толщиной 3,0 мм и более проводят по ГОСТ 1497–84, а листов толщиной до 3,0 мм — по ГОСТ 11701–84 на образцах с начальной расчетной длиной $l_0 = 5,65 \sqrt{F_0}$. Допускается испытание листов толщиной до 3,0 мм проводить на образцах с расчетной длиной $5,65 \sqrt{F_0}$ и шириной b_0 20 мм.
- Испытание на перегиб — по ГОСТ 13813–68.
- Испытание на изгиб — по ГОСТ 14019–2003.
- Испытание на вытяжку сферической лунки — по ГОСТ 10510–80.
- Испытание на межкристаллитную коррозию — по ГОСТ 6032–2003.
- Для испытаний на механические свойства и отсутствие склонности к межкристаллитной коррозии допускается применять статистические методы контроля по согласованной с потребителем методике.
- Отсутствие в листах внутренних дефектов обеспечивается технологией изготовления стали и листов.
- Испытание на растяжение при повышенных температурах проводят по ГОСТ 9651–84.
- Определение альфа-фазы — по ГОСТ 11878–66.
- Шероховатость поверхности проверяют профилометрами, профилографами, оптическими приборами или по рабочим образцам в соответствии с требованиями ГОСТ 2789–73.

| 12X18H9 (X18H9) | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|-----------------|----------------------|-----------------------|------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949-75 | Закалка | 1050-1100 | Воздух, масло или вода | г/к и кованая ϕ , \square или толщина до 200 калиброванная ϕ или стороной \square до 70 | 196 | 490 | 45 | 55 | — | — | — |

Примечания.

1. Нормы механических свойств относятся к образцам, отобранным от стали диаметром или толщиной до 60 мм.

Для сечения диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %.

Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. %.

Свойства стали диаметром или стороной квадрата более 100 мм допускается проверять на пробах, перекованных или перекатанных на размер 80-100 мм. Нормы механических свойств образцов в этом случае должны соответствовать указанным в таблице выше.

2. В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают:

а) с проверкой на отсутствие склонности к МКК;

б) с травленной поверхностью;

в) с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;

г) с нормированием содержания α -фазы;

д) без проверки механических свойств и т.д.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|----------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350-77 | Закалка | 1050-1120 | Вода или водяной душ | г/к 4-50 х/к 4-5 | 215 | 530 | 38 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Сталь не должна обладать склонностью к межкристаллитной коррозии.

2. Для проверки качества листов их отбирают:

для испытания на растяжение, определение величины зерна и шероховатости поверхности — один лист от партии;

для определения склонности к МКК — по ГОСТ 6032-2003;

для определения загрязненности стали неметаллическими включениями — по ГОСТ 1778-70;

для проверки химического состава — по ГОСТ 7565-81.

Для проверки механических свойств, склонности к МКК, загрязненности неметаллическими включениями и величины зерна допускается от партии, состоящей из листов разной толщины и одного режима термообработки, отбирать лист наибольшей толщины.

3. Обязательно выполнение УЗК по п.3.106 ГОСТ 7350-77 (Примечание 20 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|--|-------|-------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 9940-81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 57-325 s 3,5-32 | — | 529 | 40 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Для труб с соотношением D_n/s , равным или менее 8, допускается снижение σ_b на 19,6 Н/мм².

2. Нормы $\sigma_{0,2}$ устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем.

3. По требованию потребителя трубы должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии (МКК).

4. Проверку стойкости против МКК проводят по ГОСТ 6032-2003.

5. Для контроля качества от партии отбирают: две трубы — для испытаний на растяжение; одну трубу — на сплющивание или раздачу; две трубы — на МКК.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, отобранных от той же партии.

Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

| 12X18H9 (X18H9) | | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|---|--|-------|-------------------|--------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-----|-------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 9941–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 5–273 s 0,2–22 | — | 549 | 37 | — | — | — | — | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | |
| 1. По требованию потребителя трубы должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии (МКК). | | | | | | | | | | | | |
| 2. Проверку стойкости против МКК проводят по ГОСТ 6032–2003. | | | | | | | | | | | | |
| 3. Для контроля качества от партии отбирают: две трубы — для испытаний на растяжение; одну трубу — на сплющивание или раздачу; две трубы — на МКК. | | | | | | | | | | | | |
| При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, отобранных от той же партии. | | | | | | | | | | | | |
| Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию. | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 14162–79 | Термообработанные | | | ϕ_n^1 | Механические свойства устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем | | | | | | | |
| | Нагартованные | | | 0,3–5,0 | | | | | | | | |
| ¹ Толщину стенки капиллярных трубок см. в ГОСТ 14162–79. | | | | | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | |
| 1. Термообработанные трубки внутренним диаметром 0,8 мм и более по требованию потребителя должны испытываться на МКК. | | | | | | | | | | | | |
| 2. Определение величины зерна проводят металлографическим методом на продольных образцах по ГОСТ 5639–82. Допускается определение величины зерна ультразвуковым методом. | | | | | | | | | | | | |
| В случае разногласий в оценке результатов определения производят металлографическим методом по ГОСТ 5639–82. | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ^1 , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | Класс | | | | | | | | |
| ГОСТ 18143–72 | Термообработанная | | | 1 класс | ϕ 0,2–1,0 | — | 540–830 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | 2 класс | ϕ 1,1–3,0 | — | 540–830 | 20 | — | — | — | — |
| | Холоднотянутая | | | | ϕ 3,4–6,0 | — | 1130–1470 | — | — | — | — | — |
| ¹ Относительное удлинение при расчетной длине образца 100 мм. | | | | | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | |
| 1. Холоднотянутая проволока диаметром 0,8 мм и более должна выдерживать не менее 4-х перегибов. Для проволоки диаметром менее 0,8 мм испытание на перегиб заменяется испытанием на разрыв с узлом, при котором разрывающее усилие должно составлять не менее 50% от разрыва без узла. | | | | | | | | | | | | |
| 2. По требованию потребителя относительное удлинение проволоки 1-го класса диаметром свыше 3,50 мм — не менее 35%. | | | | | | | | | | | | |
| 3. Механические свойства термообработанной и холоднотянутой проволоки должны соответствовать нормам таблицы. | | | | | | | | | | | | |
| 4. По требованию потребителя проволока должна выдерживать испытание на МКК. | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах |
| ГОСТ 18907–73 | Отожженное состояние | | | ϕ 1,0–30 | Механические свойства по ГОСТ 5949–75 | | | | | | | |
| | Термообработка на заданную прочность | | | ϕ 1,0–30 | — | 640–880 | 20 | — | — | — | — | |
| | Нагартованное состояние | | | ϕ 1,0–5,0 | — | 930 | — | — | — | — | — | |
| ϕ 5,0–30 | | | | — | 880 | — | — | — | — | — | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | |
| 1. По требованию потребителя с испытанием на межкристаллитную коррозию. | | | | | | | | | | | | |
| 2. Для проверки качества стали от партии отбирают: | | | | | | | | | | | | |
| а) для определения твердости — 5%, но не менее пяти прутков; | | | | | | | | | | | | |
| б) для определения механических свойств (испытания на растяжение и на перегиб) — два прутка. | | | | | | | | | | | | |
| 3. Макроструктуру проверяют при плавочном контроле на предприятии-изготовителе и результаты проверки заносят в документ о качестве. | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 25054–81 | Закалка | | | 1050–1100 | Вода | До 200 | 196 | 500 | 40 | 48 | — | ≤ 179 |
| | | | | | | Свыше 200 до 500 | 196 | 500 | 37 | 44 | — | ≤ 179 |
| | | | | | | Свыше 500 до 1000 | 196 | 500 | 35 | 40 | — | ≤ 179 |

12X18H9 (X18H9)

Механические свойства

Примечания.

При определении механических свойств поковок на поперечных, тангенциальных или радиальных образцах допускается снижение норм механических свойств в соответствии с таблицей ниже.

1. Механические свойства поковок типа колец, изготавливаемых раскаткой, должны соответствовать таблице выше.
2. Свойства поковок из сталей, выплавленных электрошлаковым переплавом, вакуумно-дуговым переплавом и другими рафинирующими способами выплавки, должны устанавливаться по согласованию изготовителя с потребителем, при этом пластические свойства должны быть не ниже приведенных в таблице значений для сталей открытой выплавки.
3. Химический состав стали для поковок должен соответствовать требованиям ГОСТ 5632–72.
4. Поковки из стали должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии.
5. Поковки должны подвергаться термической обработке.

Число термических обработок должно быть не более двух.

Дополнительный отпуск за термообработку не считается.

Поковки, прошедшие после термической обработки правку в холодном или подогретом состоянии, должны быть дополнительно термически обработаны для снятия остаточных напряжений.

6. Группа поковок и требования к макро- и микроструктуре, механическим свойствам при повышенных температурах (σ_b , $\sigma_{0,2}$, δ , ψ), внутренним дефектам должны быть указаны в НТД на конкретную поковку.

| Показатели механических свойств | Допускаемое снижение норм механических свойств, % | | | |
|---------------------------------|---|-------------------------|---|--------------|
| | для поперечных образцов | для радиальных образцов | для тангенциальных образцов поковок диаметром | |
| | | | до 300 мм | свыше 300 мм |
| Предел прочности | 10 | 10 | 5 | 5 |
| Предел текучести | 10 | 10 | 5 | 5 |
| Относительное удлинение | 50 | 35 | 25 | 30 |
| Относительное сужение | 40 | 35 | 20 | 25 |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------|--|-------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.958.04–85 | Окончательная термообработка | | | 300 | 195 | 490 | 35 | 40 | — | — | — |
| ТУ 14–1–565–84 | Состояние поставки — горячекатаное или кованое | | | До ϕ 200 г/к до ϕ 230 | — | 530 | 40 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Термической обработке подвергают пробы сечением (по ϕ или стороне \square) 20–25 мм по режиму завода-поставщика металла.
2. Заготовка из стали проверяется на склонность к МКК по ГОСТ 6032–2003 или по соглашению статистическим методом.
3. Трубная заготовка подвергается контролю на содержание альфа-фазы. Содержание альфа-фазы не должно превышать 2 балла, по соглашению сторон 2,5 балла.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----------------|------------------------------------|-----------|-------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14–1–2186–77 | Закалка | 1030–1070 | Вода или воздух | Толщина листа 0,8–3,9 | — | 550 | 35 | — | — | — | — |
| | Нагартованное состояние (поставка) | | | | — | 980–1230 | 13 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Листы не должны обладать склонностью к МКК.
2. Листы, поставляемые в нагартованном состоянии, должны выдерживать испытания на перегиб — не менее 4 перегибов.

Назначение. Крупные корпусные детали, трубопроводы, детали крепежа теплообменников, сварные детали и конструкции различного назначения, муфелы термических печей, опорные элементы кладки печей, работающие при температуре до 600°C.

Материалы применяются для изделий, работающих в контакте с жидкометаллическим теплоносителем (в РБН) (ПНАЭГ–7–008–89).

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² [4] | | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [4] | | | Термообработка |
|--|-------------|--------------------|-------------------------------------|---|------|------|---|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | – 40 | – 78 | |
| 490 | — | 79·10 ⁶ | $\sigma_b = 1450$ Н/мм ² | 330 | 314 | 307 | Пруток ϕ 20. Закалка 1150°C, вода |
| | | | | 333 | — | 333 | Пруток ϕ 22. Закалка 1100°C, вода |
| | | | | 183 | — | 165 | Состояние поставки ($\sigma_{0,2} = 245$ Н/мм ²) |

| 12X18H9 (X18H9) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|---------------------|-------------------------|-----|-----|----|----|---|---|
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| [4, 15] | Закалка | 1080 | Воздух | Пруток | 20 | 230 | 560 | 46 | 66 | 220 | — | — | | | | |
| | | | | | 200 | 180 | 450 | 36 | 66 | 250 | — | — | | | | |
| | | | | | 300 | 160 | 420 | 29 | 66 | 260 | — | — | | | | |
| | | | | | 400 | 150 | 420 | 26 | 61 | 290 | — | — | | | | |
| | | | | | 500 | 140 | 400 | 30 | 60 | 200 | — | — | | | | |
| | | | | | 550 | 140 | 390 | 31 | 61 | 270 | — | — | | | | |
| | | | | | 600 | 120 | 350 | 28 | 51 | 200 | — | — | | | | |
| | | | | | 650 | 120 | 280 | 27 | 52 | 250 | — | — | | | | |
| | | | | | 700 | 120 | 270 | 20 | 40 | 260 | — | — | | | | |
| | | | | | Образец прокатанный | | | | ø 10 Длина 50 | 700 | — | 210 | 47 | 76 | — | — |
| | | | | | Скорость деформирования 1,1 мм/мин; скорость деформации 0,0004 1/с | | | | | 800 | — | 120 | 57 | 70 | — | — |
| | | | | | | | | | | 900 | — | 68 | 65 | 66 | — | — |
| | | | | | | | | | | 1000 | — | 38 | 56 | 60 | — | — |
| | | | | | | | | | | 1100 | — | 30 | 64 | 59 | — | — |
| | | | | 1200 | — | 16 | 45 | 71 | | — | — | | | | | |
| [5, 27] | | | | Пруток | 20 | 240 | 560 | — | — | — | — | — | | | | |
| | | | | | 65 | 100 | 380 | 33 | 40 | — | — | — | | | | |
| | | | | | 760 | 100 | 210 | 17 | 18 | — | — | — | | | | |
| | | | | | 800 | 65 | 122 | 57 | 70 | — | — | — | | | | |
| | | | | | 900 | 35 | 69 | 65 | 65 | — | — | — | | | | |
| | | | | | 1000 | 18 | 40 | 58 | 60 | — | — | — | | | | |
| | | | | | 1100 | 12 | 30 | 65 | 60 | — | — | — | | | | |
| Механические свойства при различных температурах (продольные образцы) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| [15] | Закалка | 1050 | Вода | Пруток ø 25 | -196 | 430 | 1770 | 40 | 61 | — | — | | | | | |
| | | | | | -183 | 410 | 1820 | 37 | 61 | — | — | | | | | |
| | | | | | -70 | 350 | 1290 | 46 | 67 | — | — | | | | | |
| | | | | | 20 | 240 | 600 | 64 | 74 | — | — | | | | | |
| | | | | | 200 | 177–245 | 440–500 | 36–41 | 68–74 | 250–370 | — | | | | | |
| | | | | | 300 | 157–216 | 410–490 | 29–41 | 66–73 | 260 | — | | | | | |
| | | | | | 400 | 147–216 | 410–490 | 26–40 | 61–70 | 290–310 | — | | | | | |
| | | | | | 500 | 137–206 | 390–470 | 30–42 | 60–70 | 200–360 | — | | | | | |
| | | | | | 600 | 118–206 | 340–410 | 28–38 | 51–74 | 200–360 | — | | | | | |
| | | | | | 700 | 118–196 | 260–360 | 20–38 | 40–70 | 200–360 | — | | | | | |
| Механические свойства в зависимости от степени холодной деформации [5] | | | | | Механические свойства в зависимости от степени пластической деформации (деформация растяжением) [4] | | | | | | | | | | | |
| Степень обжатия, % | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | Степень обжатия, % | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | | | | | | | | | |
| 5 | 500 | 830 | 67 | 0 | 215 | 590 | 72 | | | | | | | | | |
| 10 | 750 | 950 | 45 | 5 | 255 | 630 | 64 | | | | | | | | | |
| 20 | 900 | 1050 | 38 | 10 | 305 | 670 | 55 | | | | | | | | | |
| 30 | 1030 | 1150 | 25 | 15 | 355 | 710 | 47 | | | | | | | | | |
| 40 | 1140 | 1230 | 21 | 20 | 390 | 730 | 41 | | | | | | | | | |
| 50 | 1220 | 1300 | 18 | 25 | 430 | 770 | 32 | | | | | | | | | |
| 60 | 1280 | 1350 | 17 | 30 | 430 | 800 | 20 | | | | | | | | | |
| 70 | 1350 | 1400 | 12 | | | | | | | | | | | | | |

| 12X18H9 (X18H9) | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|-------------------|--|--|--------------------------|--|-------------------|
| Пределы длительной прочности и ползучести стали (прутки, продольные образцы) | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | 1/10 ³ | 1/10 ⁴ |
| [3, 15] | Закалка | 1050 | Воздух | 600 | 147 | 98 | 152 | 98 |
| | | | | 700 | 78 | 49 | 29 | 15 |
| | | | | 800 | 29 | 15 | 10 | 5 |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | Жаростойкость [1, 3] | | | |
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч |
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | | | | | |
| [4] | 540 | — | — | 118 | Спокойный воздух | 700 | 0,06 | 500 |
| | 650 | — | — | 48 | | 800 | 0,17 | 500 |
| | 704 | 127 | 98 | — | Окалиностойкая до температуры 800°C | | | |
| | 815 | 66 | 43 | — | | | | |
| Коррозионная стойкость [1, 4] | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | Глубина коррозии, мм/год | Балл стойкости | |
| Общая | | Вода дистиллированная | | 20 | — | 0,1 | 1 | |
| | | Воздух влажный + HCl | | 20 | 3288 | 0,075 | 1 | |
| | | Морская вода | | 20 | — | 0,008 | 1 | |
| Точечная | | По коррозионным свойствам близка к стали 12X18H9T | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | Сталь не должна быть склонна к МКК (в состоянии поставки) при испытании по ГОСТ 6032–2003 (без предварительного провоцирующего нагрева). Нагрев до 600–650°C приводит сталь в склонное к МКК состояние | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 17] | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | |
| Слиток | 1200–800 | До 350 | | На воздухе | До 350 | | На воздухе | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ | | | | | В горячекатаном состоянии при 179 НВ K _v = 1,0 (твердый сплав) | | | |

| Марка стали | Вид поставки |
|------------------------------|--|
| 12X18H9T (X18H9T) | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Проволока — ГОСТ 18143–72. Прутки — ГОСТ 18907–73. Поковки — ГОСТ 25054–81, ОСТ 95–29–72, ОСТ 108.958.04–85. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|--------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti |
| ≤ 0,12 | ≤ 0,80 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 17,0–19,0 | 8,00–9,50 | 5 × C – 0,80 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1020–1100 | Воздух, масло или вода | г/к и кованая ϕ , □ или толщина до 200, калиброванная ϕ или стороной □ до 70 | 196 | 540 | 40 | 55 | — | — | — |

Примечания.

- Нормы механических свойств относятся к образцам, отобранным от стали диаметром или толщиной до 60 мм. Для сечения диаметром или толщиной свыше 60 до 100 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %. Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. %. Свойства стали диаметром или стороной квадрата более 100 мм допускается проверять на пробах, перекованных или перекатанных на размер 80–100 мм. Нормы механических свойств образцов в этом случае должны соответствовать указанным в таблице выше.
- В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают:
 - с проверкой на отсутствие склонности к МКК;
 - с травленной поверхностью;
 - с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;
 - с нормированием содержания α -фазы;
 - без проверки механических свойств и т.д.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 1030–1080 | Вода или воздух | г/к 4–50 х/к 4–5 | 215 | 530 | 38 | — | — | — | — |

Примечания.

- Сталь не должна обладать склонностью к межкристаллитной коррозии.
- Для проверки качества листов их отбирают:
 - для испытания на растяжение, определение величины зерна и шероховатости поверхности — один лист от партии;
 - для определения склонности к МКК — по ГОСТ 6032–2003;
 - для определения загрязненности стали неметаллическими включениями — по ГОСТ 1778–70;
 - для проверки химического состава — по ГОСТ 7565–81.
 Для проверки механических свойств, склонности к МКК, загрязненности неметаллическими включениями и величины зерна допускается от партии, состоящей из листов разной толщины и одного режима термообработки, отбирать лист наибольшей толщины.
- Обязательно выполнение УЗК по п.3.106 ГОСТ 7350–77 (Примечание 20 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ^1 , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|---------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | Класс | | | | | | | | |
| ГОСТ 18143–72 | Термообработанная | | | 1 класс | ϕ 0,2–1,0 | — | 590–880 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | 2 класс | ϕ 1,1–3,0 | — | 590–880 | 20 | — | — | — | — |
| | Холоднотянутая | | | | ϕ 3,4–7,5 | — | 1130–1470 | — | — | — | — | |

¹ Относительное удлинение при расчетной длине образца 100 мм.

По требованию потребителя относительное удлинение проволоки 1-го класса диаметром свыше 3,50 мм — не менее 35%.

| 12X18H9T (X18H9T) | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------------------|---|-------------------|-------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18907-73 | Отожженное состояние | | | ø 1,0–30 | Механические свойства по ГОСТ 5949–75 | | | | | | |
| | Термообработка на заданную прочность | | | ø 1,0–30 | — | 640–880 | 20 | — | — | — | — |
| | Нагартованное состояние | | | ø 1,0–5,0 | — | 930 | — | — | — | — | — |
| | | | ø 5,0–30 | — | 880 | — | — | — | — | — | |

Примечания.

1. Сталь не должна обладать склонностью к МКК.

2. Для проверки качества стали от партии отбирают:

а) для определения твердости — 5%, но не менее пяти прутков;

б) для определения механических свойств (испытания на растяжение и на перегиб) — два прутка.

3. Макроструктуру проверяют при плавочном контроле на предприятии-изготовителе и результаты проверки заносят в документ о качестве.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 25054-81 | Закалка | 1050–1100 | Воздух или вода | До 200 | 196 | 510 | 40 | 48 | — | — | ≤ 170 |
| | | | | Свыше 200 до 500 | 196 | 510 | 37 | 44 | — | — | ≤ 170 |
| | | | | Свыше 500 до 1000 | 196 | 510 | 35 | 40 | — | — | ≤ 170 |

Примечания.

При определении механических свойств поковок на поперечных, тангенциальных или радиальных образцах допускается снижение норм механических свойств в соответствии с таблицей ниже.

1. Механические свойства поковок типа колец, изготавливаемых раскаткой, должны соответствовать таблице выше.

2. Свойства поковок из сталей, выплавленных электрошлаковым переплавом, вакуумно-дуговым переплавом и другими рафинирующими способами выплавки, должны устанавливаться по согласованию изготовителя с потребителем, при этом пластические свойства должны быть не ниже приведенных в таблице значений для сталей открытой выплавки.

3. Химический состав стали для поковок должен соответствовать требованиям ГОСТ 5632–72.

4. Поковки из стали должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии.

5. Поковки должны подвергаться термической обработке.

Число термических обработок должно быть не более двух.

Поковки, прошедшие после термической обработки правку в холодном или подогретом состоянии, должны быть дополнительно термически обработаны для снятия остаточных напряжений.

6. Группа поковок и требования к макро- и микроструктуре, механическим свойствам при повышенных температурах (σ_b , $\sigma_{0,2}$, δ , ψ), внутренним дефектам должны быть указаны в НТД на конкретную поковку.

| Показатели механических свойств | Допускаемое снижение норм механических свойств, % | | | |
|---------------------------------|---|-------------------------|---|--------------|
| | для поперечных образцов | для радиальных образцов | для тангенциальных образцов поковок диаметром | |
| | | | до 300 мм | свыше 300 мм |
| Предел прочности | 10 | 10 | 5 | 5 |
| Предел текучести | 10 | 10 | 5 | 5 |
| Относительное удлинение | 50 | 35 | 25 | 30 |
| Относительное сужение | 40 | 50 | 20 | 25 |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ОСТ 95-29-72 | Аустенизация | 1020–1100 | Вода или воздух | Не оговаривается | 20 | 246 | 520 | 37 | 45 | — | — | — |
| | | | | | 350 | 186 | 372 | — | — | — | — | — |

Примечания.

1. В отдельных случаях допускается изготовление деталей из стали 12X18H10T вместо стали 12X18H9T, с соблюдением требований, указанных для стали 12X18H9T.

2. Для заготовок деталей из стали, подведомственной “Правилам устройства и безопасной эксплуатации оборудования АЭС, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок”, производится определение относительного сужения (ψ) при 20°C. Значение ψ не менее 45%. Одновременно для заготовок деталей III и IV групп определяются относительное сужение (ψ) и относительное удлинение (δ) при температуре 350°C. Значения ψ и δ при 350°C не являются эдаточными, но заносятся в документ о качестве.

3. Допускается проводить испытания механических свойств на поперечных, тангенциальных и радиальных образцах.

При проведении механических испытаний на поперечных, тангенциальных и радиальных образцах допускается снижение механических свойств: σ_b и $\sigma_{0,2}$ на 5%; δ и ψ на 25% (относительных).

4. Термообработанные заготовки проверяют на МКК по ГОСТ 6032–2003.

С обязательным выполнением УЗК (Примечание 26 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| |
|--------------------------|
| 12X18H9T (X18H9T) |
|--------------------------|

Назначение. Лопатки, трубопроводы, уплотнения и другие детали энергетического машиностроения, работающие при температуре до 600°C. Аппараты и сосуды, работающие при температуре от минус 196°C до плюс 600°C под давлением, а при наличии агрессивных сред до плюс 350°C.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь коррозионно-стойкая, жаростойкая, жаропрочная и хладостойкая аустенитного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [4] | | | | | Термообработка |
|--|-------|---------------|-------------|-----------------|----------------|---|---|------|------|------|--|
| НД | t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 70 | |
| [1] | — | 196–335 | 132 | 10 ⁷ | ПС | | | | | | Прутки сечением 15–25 мм Закалка 1050°C, вода $\sigma_{0,2} = 280$ Н/мм ² , $\sigma_B = 620$ Н/мм ² |
| [2] | 20 | 279 | — | 10 ⁷ | ПС | 250 | — | — | — | 250 | |
| | 400 | 211 | — | 10 ⁷ | | | | | | | |
| | 500 | 201 | — | 10 ⁷ | | | | | | | |
| | 600 | 196 | — | 10 ⁷ | | | | | | | |

| НД | t, °C | σ_B , Н/мм ² | Предел выносливости, Н/мм ² | | | | | N | Термообработка |
|-----|-------|--------------------------------|--|--|------------------------------|--|-------------|-----------------|--|
| | | | σ_{-1} | | | | τ_{-1} | | |
| | | | Образец гладкий | Образец с надрезом R _n = 0,2 мм | После обработки ¹ | | | | |
| | | | | | Образец гладкий | Образец с надрезом R _n = 0,2 мм | | | |
| [5] | 20 | 678 | 285 | 245 | 485 | 355 | — | 10 ⁷ | Нагрев до 1100°C, вода. Отпуск при 650°C, 7 ч, воздух |
| | 200 | 510 | 225 | 235 | 345 | 255 | — | 10 ⁷ | |
| | 400 | 508 | 215 | 205 | 325 | 245 | — | 10 ⁷ | |
| | 500 | 484 | 205 | 135 | 315 | 195 | — | 10 ⁷ | |
| | 600 | 473 | 205 | 135 | 265 | 185 | — | 10 ⁷ | |
| | 700 | — | — | 115 | — | 165 | — | 10 ⁷ | |

¹ Глубина наклепанного слоя после обкатки 0,3 мм.

Механические свойства при низких температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Закалка | 1050 | Вода | | 0 | 200 | 600 | 66 | 81 | — | — |
| - 196 | | | | | 270 | 1500 | 39 | 63 | — | — | |
| - 269 | | | | | 430 | 1720 | 34 | 60 | — | — | |

Механические свойства в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|---------|----------------------|-------|-------------------|-------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5, 27] | Закалка | 1050 | Вода | Прутки ø 18–25 | - 253 | 600 | 1790 | 25 | — | 120 | — |
| - 196 | | | | | 460 | 1610 | 38 | 56 | 200 | — | |
| - 70 | | | | | 360 | 1130 | 40 | 64 | 250 | — | |
| 20 | | | | | 280 | 620 | 41 | 63 | 250 | — | |
| 300 | | | | | 200 | 460 | 31 | 65 | — | — | |
| 400 | | | | | 180 | 450 | 31 | 65 | — | — | |
| 500 | | | | | 180 | 450 | 29 | 65 | — | — | |
| 600 | | | | | 180 | 400 | 25 | 61 | — | — | |
| 700 | | | | | 160 | 280 | 26 | 59 | — | — | |
| 800 | 100 | 180 | 35 | 69 | — | — | | | | | |

| 12X18H9T (X18H9T) | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------------------|----|
| Механические свойства при высоких температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | n ¹ , об | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | Закалка | 1150 | Вода | 100 | 900 | — | 91 | 36 | 70 | 230 | — | — |
| | Содержание δ -феррита в структуре после термической обработки $\leq 3\%$ | | | | 1000 | — | 55 | 43 | 71 | 200 | 59 | — |
| | | | | | 1100 | — | 38 | 37 | 71 | 150 | 67 | — |
| | | | | | 1150 | — | 29 | 50 | 82 | 140 | 75 | — |
| | | | | | 1200 | — | 18 | 77 | 98 | 100 | 61 | — |
| | 1250 | — | — | — | — | — | — | — | 58 | — | | |
| | Закалка | 1150 | Вода | 100 | 900 | — | 84 | 35 | 61 | 240 | — | — |
| | Содержание δ -феррита в структуре после термической обработки 3,5–4,0% | | | | 1000 | — | 44 | 38 | 69 | 230 | — | — |
| | | | | | 1100 | — | 29 | 58 | 74 | 190 | 19 | — |
| | | | | | 1150 | — | 19 | 68 | 82 | 160 | 21 | — |
| 1200 | | | | | — | 18 | 53 | 72 | 140 | 13 | — | |
| 1250 | — | — | — | — | — | — | — | 16 | — | | | |

¹ n, об — число оборотов до разрушения при испытании на кручение со скоростью 1 об/мин.

| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------|-------------------|--------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|--|
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | | |
| [5] | Нагрев | 1150 | Вода | Исходное состояние | | 310 | 650 | 55 | 75 | 250 | — | |
| | | | | 500 | 10000 | 300 | 620 | 55 | 70 | 190 | — | |
| | Нагрев | 500, 10 ч | Воздух | 550 | 10000 | 310 | 630 | 54 | 65 | 245 | — | |
| | | | | 600 | 10000 | 310 | 640 | 52 | 67 | 223 | — | |
| | | | | 650 | 10000 | 270 | 620 | 46 | 72 | 170 | — | |
| | | | | 550 | 20000 | 300 | 630 | 54 | 70 | 225 | — | |
| | Нагрев | 1050 | Воздух | Исходное состояние | | 240 | 580 | 70 | 80 | 285 | — | |
| | | | | 550 | 3000 | 274 | 600 | 60 | 70 | 174 | — | |
| | | | | 600 | 3000 | 300 | 620 | 62 | 70 | 190 | — | |
| | | | | 650 | 3000 | 270 | 620 | 57 | 70 | 186 | — | |
| | | | | 550 | 5000 | — | — | — | — | 200 | — | |
| | | | | 600 | 5000 | — | — | — | — | 207 | — | |
| | Нагрев | 700, 20 ч | Воздух | Исходное состояние | | 278 | 580 | 62 | 76 | 223 | — | |
| | | | | 550 | 5000 | 260 | 600 | 66 | 76 | 212 | — | |
| 600 | | | | 5000 | 294 | 600 | 56 | 73 | 175 | — | | |
| 650 | | | | 500 | 280 | 600 | 55 | 62 | 142 | — | | |

| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | |
|---|-------|---|-------------------|--|
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁵ |
| [2] | 500 | 245 | 196 | — |
| | 550 | 186–235 | 137–196 | — |
| | 600 | 132–167 | 98–127 | 74–78 |
| | 650 | 64–103 | 44–71 | — |
| | 700 | 53–71 | 34–44 | — |

| 12X18H9T (X18H9T) | | | | | | | |
|---|--|--|---|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч [1, 2] | | | Жаростойкость [1] | | | | |
| 1,0 | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | Перегретый пар | 600 | 0,0018 | — | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | Воздух | 650 | 0,0022 | 4500 | |
| Исходное состояние | | 245 | Воздух | 750 | 0,015 | 1500 | |
| 10000 | 500 | 186 | Продукты сгорания природного газа: 3,2% CO ₂ , 17,55% O ₂ , 76,72% N ₂ , 3,5% H ₂ O, 0,03% SO ₂ | 670–680 | 0,098 | 12500 | |
| 20000 | 550 | 220 | | | | | |
| 10000 | 600 | 216 | Продукты сгорания природного газа: 4,5% CO ₂ , 0,3% SO ₂ , 6% H ₂ O, остальное воздух | 750 | 0,019 | 1500 | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | |
| Общая | Вода, содержащая 5 мг/кг Cl ⁻ , 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | | | 350 | 1000 | 1 | |
| | Морская вода | | | 20 | 3000 | 1 | |
| Точечная | Морская вода | | | — | 13000 | 3 | |
| Коррозионное растрескивание | Вода, содержащая 200 мг/кг Cl ⁻ ; 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | | | 350 | Разрушение через 500–700 ч | Напряжение выше предела текучести | |
| | 42% MgCl ₂ | | | 154 | Разрушение через 2–5 ч | Напряжение выше предела текучести | |
| Межкристаллитная | | Сталь не склонна к МКК в закаленном состоянии. После провоцирующего нагрева при температуре 650°C может приобрести склонность к МКК. | | | | | |
| Влияние степени деформации на количество мартенсита деформации, образующегося при температуре жидкого азота [5, 27] | | | | | | | |
| ε, % | 13,3 | 16,7 | 21,7 | 30 | 33,3 | 40 | 45 |
| Мартенсит, % | 24 | 32 | 45 | 57 | 64 | 70 | 84 |
| Технологические характеристики [1, 2] | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–850 | До 300 | В штабелях на воздухе | | До 350 | На воздухе | |
| Заготовка | 1200–850 | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | Флокочувствительность | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД (электродами ЦЛ-11, ЦТ-15, ЦТ-26), ЭШ, КТ | | В закаленном состоянии при 169 НВ и σ _в = 608 Н/мм ² K _v = 0,85 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | | | Не чувствительна | | |
| | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | |
| | | | | | Не склонна | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|--|---|------------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|----|
| 17X18H9 (2X18H9) | | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Прутки — ГОСТ 18907–73. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–2186–77. Лист толстый — ГОСТ 7350–77, ТУ 14–1–4028–85. Лента — ГОСТ 4986–79. Проволока — ГОСТ 18143–72. Трубная заготовка — ТУ 14–1–565–84. Трубы — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81. Профили фасонные — ТУ 14–1–1271–75. | | | | | | | | | |
| | | Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,13–0,21 | ≤ 0,80 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 17,0–19,0 | 8,0–10,0 | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4986–79 | Закалка | 1050–1080 | Воздух или вода | 0,05–0,2 | — | 570 | 17 | — | — | — | — |
| | | | | 0,2–2,0 | — | 570 | 34 | — | — | — | — |
| | Полунагартованная | 1050–1080 | Воздух или вода | 0,05–0,2 | — | 780 | 8 | — | — | — | — |
| | | | | 0,2–2,0 | — | 780 | 15 | — | — | — | — |
| Нагартованная | 1050–1080 | Воздух или вода | 0,05–0,2 | — | 980 | 3 | — | — | — | — | |
| | | | 0,2–2,0 | — | 980 | 5 | — | — | — | — | |
| Высоконагартованная | 1050–1080 | Воздух или вода | 0,05–0,2 | — | 1130 | 2 | — | — | — | — | |
| | | | 0,2–2,0 | — | 1130 | 3 | — | — | — | — | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | 0,7–3,9 | 185 | 590 | 35 | — | — | — | — |
| | Полунагартованная | | | | — | 740–980 | 18 | — | — | — | — |
| | Нагартованная | | | | — | 980–1230 | 13 | — | — | — | — |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1050–1100 | Воздух, масло или вода | До 60 ¹ | 215 | 570 | 40 | 55 | — | — | — |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 1080–1120 | Вода | 4–50 | 265 | 590 | 35 | — | — | — | — |
| ГОСТ 9940–81 | В состоянии поставки термообработанная | | | ø 57–325 s 3,5–32 | — | 568 | 40 | — | — | — | — |
| ГОСТ 9941–81 | В состоянии поставки термообработанная | | | ø 5 – 273 s 0,2–22 | — | 568 | 35 | — | — | — | — |
| ГОСТ 18143–72 | Термообработанная | | | 1 класс | — | 540–830 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | 2 класс | | | 20 | | | | |
| | Нагартованная | | | 0,2–6,0 | — | 1080–1420 | — | — | — | — | — |

| 17X18H9 (2X18H9) | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|----------|--|--|--|--|--|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 18907-73 | Термообработанная | | | 1,0-30 | — | 590-880 | 20 | — | — | — | — | | | | | | |
| | Нагартованная | | | 1,0-5,0 5,0-30 | — | 930 880 | — | — | — | — | — | | | | | | |
| ¹ Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается понижение δ на 1%, ψ на 5%; от 100 до 150 мм – δ на 3%, ψ на 10%. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Сварные детали и конструкции различного назначения. Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ударная вязкость прутков, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | Сечение, мм | Термообработка | | | | | | | | | | | | | |
| + 20 | - 40 | - 80 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 294 | — | 294 | 25 | Закалка 1100°C, вода | | | | | | | | | | | | | |
| 349 | 387 | 362 | 20 | Закалка 1150°C, вода | | | | | | | | | | | | | |
| 304 | 267 | 245 | 22 | Закалка 1150°C, вода, $\sigma_{0,2} = 260$ Н/мм ² , $\sigma_B = 710$ Н/мм ² | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | | | | | | | | | | |
| Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | | | | | | | | | |
| Окалиностойкая до температуры 800°C | | | | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | | | |
| | | | | Исходное состояние | | | — | | | | | | | | | | |
| | | | | — | | | — | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | | | | | | | |
| Общая | 0,5-99% раствор HNO ₃ | | | 20 | — | 1 | | | | | | | | | | | |
| Точечная | По коррозионным свойствам близка к стали 12X18H9T | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | Сталь может быть склонна к МКК даже в закаленном состоянии. Нагрев до 600-650°C приводит сталь в склонное к МКК состояние. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметры ковки, °C | | | Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | | | | | |
| 1200-800 | | | Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД и РАД. | | | — | | | | | | | | | | | |

| Марка стали | Вид поставки |
|-------------------------------------|---|
| 08X18H10 (0X18H10) | Лента — ГОСТ 4986–79. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–2186–77. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Трубы — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81, ГОСТ 11068–81. Проволока — ГОСТ 18143–72. Прутки — ГОСТ 18907–73. Поковки — ГОСТ 25054–81. Трубная заготовка — ТУ 14–1–565–84. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|----------|----|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,80 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 17,0–19,0 | 9,0–11,0 | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|-----------------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4986–79 | Закалка | 1050–1080 | Воздух или вода | 0,05–0,2 | — | 530 | 20 | — | — | — | — |
| | | | | 0,2–2,0 | — | 530 | 40 | — | — | — | — |
| | Полунагартованное состояние | | | 0,05–0,2 | — | 740 | 6 | — | — | — | — |
| | | | | 0,2–2,0 | — | 740 | 12 | — | — | — | — |

Примечания.

- По требованию потребителя остаточная массовая доля Ti должна быть не более 0,2%.
- Лента должна выдерживать без образования трещин, надрывов, расслоений или излома число перегибов, не ниже:
 - из нагартованной и полунагартованной толщиной 0,2 мм и более;
 - из нагартованной и полунагартованной толщиной менее 0,2 мм.
- Сталь не должна быть склонна к МКК.
- Расслоение в ленте не допускается.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
|--------------|-----------------------------|-------|-------------------|----------------------------------|---|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Умягчающая термообработка | | | х/к 0,7–3,9 г/к 1,5–3,9 | не менее или в пределах | | | | | | | |
| | Закалка | | | | Образцы поперечные | | | | | | | |
| | Полунагартованное состояние | | | | 205 | 510 | 45 | — | — | — | — | |
| | Нагартованное состояние | | | | Прокат с повышенными значениями механических свойств (образцы поперечные) | | | | | | | |
| | | | — | 740–930 | 25 | — | — | — | — | | | |
| | | | — | 930 | 10 | — | — | — | — | | | |

Примечания.

- Сталь не должна обладать склонностью к межкристаллитной коррозии.
- Макроструктура стали не должна иметь следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений, трещин и пузырей, что обеспечивается технологией изготовления.
- Механические свойства проката после умягчающей термообработки должны соответствовать нормам таблицы.

Методы испытаний.

- Для испытаний на растяжение при нормальной и повышенной температурах, на охрупчивание, изгиб, перегиб, на вытяжку сферической лунки, определение шероховатости поверхности, испытаний на склонность к межкристаллитной коррозии отбирают по одной пробе от каждого контрольного листа.
- Отбор и подготовку проб для испытаний механических и технологических свойств производят поперек направления волокна по ГОСТ 7564–97.
- Испытание на растяжение при температуре 20^{+15}_{-10} °C листов толщиной 3,0 мм и более проводят по ГОСТ 1497–84, а листов толщиной до 3,0 мм — по ГОСТ 11701–84 на образцах с начальной расчетной длиной $l_0 = 5,65 \sqrt{F_0}$. Допускается испытание листов толщиной до 3,0 мм проводить на образцах с расчетной длиной $5,65 \sqrt{F_0}$ и шириной b_0 20 мм.
- Испытание на перегиб — по ГОСТ 13813–68.
- Испытание на изгиб — по ГОСТ 14019–2003.
- Испытание на вытяжку сферической лунки — по ГОСТ 10510–80.
- Испытание на межкристаллитную коррозию — по ГОСТ 6032–2003.
- Для испытаний на механические свойства и отсутствие склонности к межкристаллитной коррозии допускается применять статистические методы контроля по согласованной с потребителем методике.
- Отсутствие в листах внутренних дефектов обеспечивается технологией изготовления стали и листов.
- Испытание на растяжение при повышенных температурах проводят по ГОСТ 9651–84.
- Определение альфа-фазы — по ГОСТ 11878–66.
- Шероховатость поверхности проверяют профилометрами, профилографами, оптическими приборами или по рабочим образцам в соответствии с требованиями ГОСТ 2789–73.

| 08X18H10 (0X18H10) | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949-75 | Закалка | 1050-1100 | Воздух, масло или вода | г/к и кованая ϕ , \square или толщина до 200 калиброванная ϕ или стороной \square до 70 | 196 | 490 | 45 | 55 | — | — | — |

Примечания.

1. Нормы механических свойств относятся к образцам, отобранным от стали диаметром или толщиной до 60 мм.

Для сечения диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %.

Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. %.

Свойства стали диаметром или стороной квадрата более 100 мм допускается проверять на пробах, перекованных или перекатанных на размер 80-100 мм. Нормы механических свойств образцов в этом случае должны соответствовать указанным в таблице выше.

2. В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают:

- с проверкой на отсутствие склонности к МКК;
- с травленной поверхностью;
- с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;
- с нормированием содержания α -фазы;
- без проверки механических свойств и т.д.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350-77 | Закалка | 1050-1100 | Вода или воздух | г/к 4-50 х/к 4-5 | 205 | 510 | 43 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Сталь не должна обладать склонностью к межкристаллитной коррозии.

2. Для проверки качества листов их отбирают:

для испытания на растяжение, определение величины зерна и шероховатости поверхности — один лист от партии;

для определения склонности к МКК — по ГОСТ 6032-2003;

для определения загрязненности стали неметаллическими включениями — по ГОСТ 1778-70;

для проверки химического состава — по ГОСТ 7565-81.

Для проверки механических свойств, склонности к МКК, загрязненности неметаллическими включениями и величины зерна допускается от партии, состоящей из листов разной толщины и одного режима термообработки, отбирать лист наибольшей толщины.

3. Обязательно выполнение УЗК по п.3.106 ГОСТ 7350-77 (Примечание 20 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|--|-------|-------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 9940-81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 57-325 s 3,5-32 | — | 510 | 40 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Для труб с соотношением D_n/s , равным или менее 8, допускается снижение σ_B на 19,6 Н/мм².

2. Нормы $\sigma_{0,2}$ устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем.

3. По требованию потребителя трубы должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии (МКК).

4. Проверку стойкости против МКК проводят по ГОСТ 6032-2003.

5. Для контроля качества от партии отбирают: две трубы — для испытаний на растяжение; одну трубу — на сплющивание или раздачу; две трубы — на МКК.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, отобранных от той же партии.

Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

| 08X18H10 (0X18H10) | | | | Механические свойства | | | | | | | |
|--------------------|--|-------|-------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 9941-81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 5-273 s 0,2-22 | — | 529 | 37 | — | — | — | — |

Примечания.

- По требованию потребителя трубы должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии (МКК).
- Проверку стойкости против МКК проводят по ГОСТ 6032-2003.
- Для контроля качества от партии отбирают: две трубы — для испытаний на растяжение; одну трубу — на сплющивание или раздачу; две трубы — на МКК.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, отобранных от той же партии.

Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

- Только для трубопроводов группы С с обязательным выполнением УЗК (Примечание 21 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 11068-81 | В состоянии поставки | | | ϕ 8-102 s 0,8-4,0 | По согласованию | | | | | | |

Примечания.

- Трубы изготовляют термически обработанными.
- Трубы должны выдерживать сплющивание до расстояния (Н) между сплющиваемыми плоскостями в мм.
- По требованию потребителя термически обработанные трубы должны выдерживать следующие испытания: испытания на раздачу до увеличения наружного диаметра на 12%; испытания на бортование до получения ширины отгибаемого борта, измеренной от внутренней поверхности трубы, равной 1,5 толщины стенки (испытание на бортование проводят на трубах диаметром не менее 25 мм, угол отбортовки 90°); испытание на загиб.
- Для испытания на растяжение, МКК, раздачу, бортование, загиб, сплющивание отбирают две трубы от партии. Для определения величины зерна отбирают одну трубу от партии.

| НД | Режим термообработки | | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ^1 , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|----------------|----------------------|-------|-------------------|----------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | Класс | | | | | | | | |
| ГОСТ 18143-72 | Проволока | | | | ϕ 0,2-1,0 | — | 590-880 | 25 | — | — | — | — |
| | Термообработанная | | | 1 класс | | | | | | | | |
| | Термообработанная | | | 2 класс | ϕ 1,1-3,0 | — | 590-880 | 20 | — | — | — | — |
| Холоднотянутая | | | | ϕ 3,4-6,0 | — | 1130-1470 | — | — | — | — | — | — |

¹ Относительное удлинение при расчетной длине образца 100 мм.

Примечания.

- По требованию потребителя относительное удлинение проволоки 1-го класса диаметром свыше 3,50 мм — не менее 35%.
- Механические свойства термообработанной и холоднотянутой проволоки должны соответствовать нормам таблицы.
- По требованию потребителя проволока должна выдерживать испытание на МКК.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|--------------------------------------|-------|-------------------|----------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18907-73 | Отожженное состояние | | | ϕ 5,0-30 | Механические свойства по ГОСТ 5949-75 | | | | | | |
| | Термообработка на заданную прочность | | | ϕ 1,0-30 | — | 640-780 | 20 | — | — | — | — |
| | Нагартованное состояние | | | ϕ 1,0-5,0 | — | 930 | — | — | — | — | — |
| | | | | ϕ 5,0-30 | — | 880 | — | — | — | — | — |

Примечания.

- По требованию потребителя с испытанием на межкристаллитную коррозию.
- Для проверки качества стали от партии отбирают:
 - для определения твердости — 5%, но не менее пяти прутков;
 - для определения механических свойств (испытания на растяжение и на перегиб) — два прутка.
- Микроструктуру проверяют при плавочном контроле на предприятии-изготовителе и результаты проверки заносят в документ о качестве.

| 08X18H10 (0X18H10) | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 25054-81 | Закалка | 1050-1100 | Вода или воздух | До 200 | 196 | 479 | 40 | 50 | — | — | ≤ 170 |
| | | | | Свыше 200 до 500 | 196 | 479 | 39 | 47 | — | — | ≤ 170 |
| | | | | Свыше 500 до 1000 | 196 | 479 | 38 | 45 | — | — | ≤ 170 |

Примечания.

При определении механических свойств поковок на поперечных, тангенциальных или радиальных образцах допускается снижение норм механических свойств в соответствии с таблицей ниже.

1. Механические свойства поковок типа колец, изготавливаемых раскаткой, должны соответствовать таблице выше.
2. Свойства поковок из сталей, выплавленных электрошлаковым переплавом, вакуумно-дуговым переплавом и другими рафинирующими способами выплавки, должны устанавливаться по согласованию изготовителя с потребителем, при этом пластические свойства должны быть не ниже приведенных в таблице значений для сталей открытой выплавки.
3. Химический состав стали для поковок должен соответствовать требованиям ГОСТ 5632-72.
4. Поковки из стали должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии.
5. Поковки должны подвергаться термической обработке.

Число термических обработок должно быть не более двух.

Дополнительный отпуск за термообработку не считается.

Поковки, прошедшие после термической обработки правку в холодном или подогретом состоянии, должны быть дополнительно термически обработаны для снятия остаточных напряжений.

6. Группа поковок и требования к макро- и микроструктуре, механическим свойствам при повышенных температурах (σ_B , $\sigma_{0,2}$, δ , ψ), внутренним дефектам должны быть указаны в НТД на конкретную поковку.

| Показатели механических свойств | Допускаемое снижение норм механических свойств, % | | | |
|---------------------------------|---|-------------------------|---|--------------|
| | для поперечных образцов | для радиальных образцов | для тангенциальных образцов поковок диаметром | |
| | | | до 300 мм | свыше 300 мм |
| Предел прочности | 10 | 10 | 5 | 5 |
| Предел текучести | 10 | 10 | 5 | 5 |
| Относительное удлинение | 50 | 35 | 25 | 30 |
| Относительное сужение | 40 | 35 | 20 | 25 |

Назначение. Детали и узлы аппаратов и трубопроводов АЭУ, внутрикорпусные детали аппаратов, детали из тонкого листа и ленты в автомобилестроении, торговом машиностроении, для товаров ширпотреба, для изделий, подвергаемых закалке, для сварных аппаратов и сосудов химического машиностроения, для работы в средах, не вызывающих межкристаллитную коррозию.

Применяется только для изделий, работающих в контакте с жидкометаллическим теплоносителем (в РБН) (ПНАЭГ-7-008-89).

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь коррозионно-стойкая и жаростойкая аустенитного класса.

| Пределы длительной прочности | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | Состояние поставки |
|------------------------------|-------|---|---|---------|---------|--------------------|
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | + 20 | - 40 | - 78 | |
| | | | | | | |
| [1, 2, 4] | 704 | 39 | 75-93 | 78-93 | 71-75 | Холоднокатаное |
| | 815 | 18 | 187-206 | 184-301 | 184-302 | Горячекатаное |

08X18H10 (0X18H10)

Механические свойства в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
|--------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|----------|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [1, 2] | Закалка | 1050–1100 | Воздух | Прутки | 20 | 210 | 570 | 60 | 70 | — | — | — | | | | |
| | | | | | 400 | 110 | 410 | 46 | 69 | — | — | — | | | | |
| | | | | | 480 | 98 | 380 | 45 | 69 | — | — | — | | | | |
| | | | | | 600 | 82 | 330 | 39 | 58 | — | — | — | | | | |
| | | | | | 650 | 76 | 290 | 37 | 44 | — | — | — | | | | |
| | | | | | 700 | 74 | 235 | 35 | 36 | — | — | — | | | | |
| | | | | | 750 | 73 | 185 | 31 | 28 | — | — | — | | | | |
| | | | | | 800 | 69 | 150 | 30 | 28 | — | — | — | | | | |

Жаростойкость [1]

Коррозионная стойкость в различных средах [4]

| Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | Среда | t, °C | Длительность, ч | Глубина коррозии, мм/год |
|-------------------------------------|-------|---------------------------|-------------------|---|-------|-----------------|--------------------------|
| Окалиностойкая до температуры 800°C | | | | Вода, пар | 600 | — | 0,1 |
| | | | | Морская вода | 20 | — | 0,1 |
| | | | | 5% раствор H ₂ SO ₄ | 20 | 384 | 0,6 |

Коррозионная стойкость [1, 7]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|---|--------|-----------------|----------------|
| Общая | Водопроводная вода | 20 | 3000 | 1 |
| | Промышленная атмосфера | — | 5000 | 1 |
| | Спирт–сырец этиловый | 20–100 | — | 1 |
| Точечная | По коррозионным свойствам близка к стали 12X18H9T | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | |
| Межкристаллитная | Сталь может быть склонна к МКК даже в закаленном состоянии. Нагрев до 600–650°C приводит сталь в состояние склонное к МКК | | | |

Технологические характеристики [1, 7]

| Ковка [2] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–850 | До 300 | В штабелях на воздухе | До 300 | В штабелях на воздухе |
| Заготовка | 1200–850 | | | | |

Свариваемость

Обработываемость резанием

| | |
|--|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ | В состоянии поставки при $\sigma_b = 510$ Н/мм ² K _r = 1,0 (твердый сплав), K _r = 0,35 (быстрорежущая сталь) |
|--|---|

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | |
|---|--------|---|-------------|-------------|-----------|-----------|---------------|--------------------------|
| 03X18H10T, 06X18H10T, 09X18H10T | | Трубы бесшовные особотонкостенные — ГОСТ 10498–82, ТУ 14–3–219–89. Трубная заготовка — ТУ 14–1–3935–85. | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14–3–219–89 | | | | | | | | Марка стали |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | |
| ≤ 0,03 | ≤ 0,80 | 1,00–2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 17,0–19,0 | 10,0–11,0 | 5 × C –0,40 | 03X18H10T ¹ |
| ≤ 0,03 | ≤ 0,80 | 1,00–2,00 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | 17,0–19,0 | 10,0–11,0 | 5 × C –0,40 | 03X18H10T ^{2,3} |
| 0,03–0,06 | ≤ 0,80 | 1,00–2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 17,0–19,0 | 10,0–11,0 | 6 × C –0,70 | 06X18H10T ¹ |
| 0,03–0,06 | ≤ 0,80 | 1,00–2,00 | ≤ 0,015 | ≤ 0,025 | 17,0–19,0 | 10,0–11,0 | 6 × C –0,70 | 06X18H10T ^{2,3} |
| 0,07–0,10 | ≤ 0,80 | 1,00–2,00 | 0,015–0,020 | 0,025–0,035 | 17,0–19,0 | 10,0–11,0 | 5 × C –0,70 | 09X18H10T ¹ |
| 0,07–0,10 | ≤ 0,80 | 1,00–2,00 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | 17,0–19,0 | 10,0–11,0 | 6,5 × C –0,70 | 09X18H10T ^{2,3} |

Способ выплавки: 1 – открытый, 2 – открытый + вакуумно-дуговой (ВД), 3 – открытый + электрошлаковый (Ш).

Содержание азота не более 0,05%, кобальта не более 0,02% для всех марок сталей.

Для сталей 03X18H10T и 06X18H10T разрешается отклонение по содержанию углерода +0,005% от верхнего предела, для стали 09X18H10T – минус 0,01% от нижнего.

Для сталей, выплавленных способами Ш и ВД, допускается нижний предел содержания марганца до 0,50%. Для стали 06X18H10T, выплавленной способами Ш и ВД, разрешается отклонение от нижнего предела содержания углерода на минус 0,01%.

Допускается обработка металла РЗМ до 0,15% по расчету.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 10498–82 | В состоянии поставки | | | Трубы ø 4–120 s 0,2–1,0 | — | 529 | 40 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Содержание неметаллических включений (максимальный балл) должно соответствовать: оксидно-силикатные — 1, сульфидные — 1, глобулярные — 1. Сумма всех указанных включений в одном поле зрения не должна превышать балла 2.

2. Трубы диаметром до 80 мм включительно должны быть термически обработанными. Трубы с толщиной стенки менее 0,2 мм и трубы диаметром более 80 мм должны быть термически обработанными по согласованию с потребителем.

3. Величина зерна металла труб должна быть не крупнее балла 7.

В партии допускается до 30% труб с величиной зерна не крупнее балла 6 при условии разделения этих труб.

4. Трубы с толщиной стенки 0,2 мм и более должны выдерживать испытательное гидравлическое давление P_1 , в соответствии с ГОСТ 3845–75.

5. Трубы должны выдерживать сплющивание.

6. Для контроля качества отбирают трубы от партии, но не менее трех в количестве:

10% — на МКК, величину зерна, сплющивание, контроль сжатым воздухом;

3% — на растяжение, для осмотра внутренней поверхности труб с $\delta_{\text{внутр}}$ менее 8,2 мм, на содержание неметаллических включений.

Проверка склонности металла к МКК проводится по требованию потребителя.

03X18H10T, 06X18H10T, 09X18H10T

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | Способ выплавки | Марка стали | | |
|----------------|----------------------|-----------|----------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|--------------------|-------------|----------|-----------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14–3–219–89 | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | D _n 4,0–6,0, δ 0,2–0,5 | — | 529 | 40 | — | Открытый | 03X18H10T | | |
| | | | | D _n 6,2–10,0, δ 0,2–0,7 | — | 529 | 40 | — | | | Открытый | 06X18H10T |
| | | | | D _n 10,2–25,0, δ 0,2–1,0 D _n 25,2–60,0, δ 0,3–1,0 | — | 549 | 40 | — | | | | |

Примечания.

1. Трубы в состоянии поставки не должны быть склонны к межкристаллитной коррозии после провоцирующего отпуска.
2. Поверхность труб в состоянии поставки не должна иметь раковины, плен, трещин, закатов, рванин, вмятин, прижогов, травильной сыпи, волосовин, что обеспечивается технологией изготовления.
3. Механические свойства термообработанных труб в состоянии поставки должны соответствовать нормам таблицы.
4. Величина аустенитного зерна металла труб в состоянии поставки должна соответствовать 7–10 баллу.
5. Проверка склонности металла к МКК проводится по ГОСТ 6032–2003.
6. Контроль неметаллических, нитридных и карбонитридных включений производится на продольных шлифах длиной 8–15 мм с оценкой по методике ВНИТИ № 7–96–80.

Назначение. Детали трубопроводов АЭУ с водяным теплоносителем и РБН. Для изготовления осебортонкостенных холодно- и теплодеформированных труб, предназначенных для трубопроводов и конструкций различного назначения.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь коррозионно-стойкая, жаростойкая и хладостойкая аустенитного класса.

Коррозионная стойкость [1]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|--|-------|-----------------|----------------|
| Общая | По коррозионным свойствам сталь 09X18H10T близка к стали 08X18H10T, а стали 03X18H10T и 06X18H10T превосходят сталь 08X18H10T | | | |
| Точечная | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | |
| Межкристаллитная | Стали не склонны к МКК при испытании по ГОСТ 6032–2003 в закаленном состоянии и после провоцирующего нагрева при температуре 650°C | | | |
| | По стойкости к МКК данные стали превосходят стали 12X18H10T и 12X18H12T. | | | |

Технологические характеристики [1, 7]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–850 | До 300 | В штабелях на воздухе | До 350 | На воздухе |
| Заготовка | 1220–900 | | | | |

Свариваемость

Сваривается без ограничений.
Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ

Обработываемость резанием

В состоянии поставки при $\sigma_b = 510$ Н/мм²
K_r = 1,0 (твердый сплав),
K_r = 0,35 (быстрорежущая сталь)

| Марка стали | Вид поставки |
|---|---|
| 08X18H10T (0X18H10T, ЭИ 914), 08X18H10T-ВД | Лента — ГОСТ 4986-79. Лист — ГОСТ 5582-75, ГОСТ 7350-77, ОСТ 108.109.01-92, ТУ 108.11.906-87, ТУ 108-930-80. Сортовой прокат — ГОСТ 5949-75. Трубы — ГОСТ 9940-81, ГОСТ 9941-81, ГОСТ 10498-82, ГОСТ 11068-81, ГОСТ 24030-80, ТУ 3-316-87, ТУ 14-3-197-89, ТУ 14-3-760-78, ТУ 14-3-1109-82, ТУ 14-3-1684-90, ТУ 95.349-2000, ТУ 108-713-77. Трубки (капиллярные) — ГОСТ 14162-79. Прутки — ГОСТ 18907-73, ТУ 14-1-5039-91. Крепежные детали — ГОСТ 20700-75, ГОСТ 23304-78. Трубы бесшовные — ГОСТ 24030-80. Поковки — ГОСТ 25054-81, ОСТ 95-29-72, ОСТ 108.109.01-92, ОСТ 108.958.04-85, ТУ 108.11.917-87, ТУ 108.11.992-88. Трубная заготовка — ТУ 14-1-565-84, ТУ 14-134-323-93. |

| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | НД |
|----------------------------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|--------------|--------|---------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | N | |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,80 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 17,0-19,0 | 9,0-11,0 | 5 × C - 0,70 | — | ГОСТ 5632-72 |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,80 | ≤ 1,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 17,0-19,0 | 10,0-11,0 | 5 × C - 0,60 | ≤ 0,05 | ГОСТ 24030-80 |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|--|-----------|-------------------|-------------|--|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4986-79 | Закалка | 1050-1080 | Вода или воздух | 0,05-0,2 | — | 530 | 20 | — | — | — | — |
| | | | | 0,2-2,0 | — | 530 | 40 | — | — | — | — |
| | Полунагартованная, нагартованная и высоконагартованная лента | | | 0,05-0,2 | Механические свойства устанавливаются по согласованию с потребителем | | | | | | |
| | | | | 0,2-2,0 | | | | | | | |

Примечания.

- Лента должна выдерживать без образования трещин, надрывов, расслоений или излома число перегибов, не ниже:
 - из нагартованной и полунагартованной толщиной 0,2 мм и более;
 - из нагартованной и полунагартованной толщиной менее 0,2 мм.
- Сталь не должна быть склонна к МКК.
- Расслоение в ленте не допускается.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|---|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582-75 | Закалка | 1050-1080 | Вода или воздух | х/к | Механические свойства проката после умягчающей термообработки | | | | | | |
| | | | | 0,7-3,9 | Образцы поперечные | | | | | | |
| | Закалка | 1050-1080 | Вода или воздух | г/к | Прокат с повышенными значениями механических свойств | | | | | | |
| | | | | 1,5-3,9 | Образцы поперечные | | | | | | |
| | | | | | 216 | 550 | 42 | — | — | — | — |

Примечания.

- Сталь не должна обладать склонностью к межкристаллитной коррозии.
- Макроструктура стали не должна иметь следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений, трещин и пузырей, что обеспечивается технологией изготовления.
- Механические свойства проката должны соответствовать нормам таблицы.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|--------------|----------------------|-----------|------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949-75 | Закалка | 1020-1100 | Воздух, масло или вода | г/к и кованая | 196 | 490 | 40 | 55 | — | — | — |
| | | | | φ, □ или толщина до 200 калиброванная, φ или стороной □ до 70 | | | | | | | |

Примечания.

- Нормы механических свойств относятся к образцам, отобранным от стали диаметром или толщиной до 60 мм. Для сечения диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %. Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. %. Свойства стали диаметром или стороной квадрата более 100 мм допускается проверять на пробах, перекованных или перекатанных на размер 80-100 мм. Нормы механических свойств образцов в этом случае должны соответствовать указанному в таблице выше.

08X18H10T (0X18H10T, ЭИ 914), 08X18H10T-ВД

Механические свойства при комнатной температуре

2. В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают:
- а) с проверкой на отсутствие склонности к МКК;
 - б) с травленной поверхностью;
 - в) с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;
 - г) с нормированием содержания α -фазы;
 - д) без проверки механических свойств и т.д.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350-77 | Закалка | 1000-1080 | Вода или воздух | г/к | Образцы поперечные | | | | | | |
| | | | | 4-50 | 205 | 510 | 43 | — | — | — | — |
| | | | | х/к | | | | | | | |

Примечания.

1. Сталь не должна обладать склонностью к межкристаллитной коррозии.
2. Для проверки качества листов их отбирают: для испытания на растяжение, определение величины зерна и шероховатости поверхности (один лист от партии) — по ГОСТ 7350-77; для определения склонности к МКК — по ГОСТ 6032-2003; для определения загрязненности стали неметаллическими включениями — по ГОСТ 1778-70; для проверки химического состава — по ГОСТ 7565-81. Для проверки механических свойств, склонности к МКК, загрязненности неметаллическими включениями и величины зерна допускается от партии, состоящей из листов разной толщины и одного режима термообработки, отбирать лист наибольшей толщины.
3. Обязательно выполнение УЗК по п.3.106 ГОСТ 7350-77 (Примечание 20 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|--|-------|-------------------|---------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 9940-81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 57-325 | — | 510 | 40 | — | — | — | — |
| | | | | s 3,5-22 | | | | | | | |

Примечания.

1. Для труб с соотношением D_w/s , равным или менее 8, допускается снижение σ_b на 19,6 Н/мм².
2. По требованию потребителя проводят определение $\sigma_{0,2}$.
3. Нормы $\sigma_{0,2}$ устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем.
4. Трубы должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии (МКК).
5. Проверку стойкости против МКК проводят по ГОСТ 6032-2003. По согласованию изготовителя и потребителя проверку стойкости против МКК допускается проводить методом ПТ ГОСТ 9.914-91. В случае разногласий в оценке результатов проверку проводят по ГОСТ 6032-2003.
6. Для контроля качества от партии отбирают: две трубы — для испытаний на растяжение; одну трубу — на сплющивание или раздачу; две трубы — на МКК. При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, отобранных от той же партии. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.
7. Только для трубопроводов группы С с обязательным выполнением УЗК (Примечание 21 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|--|-------|-------------------|--------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 9941-81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 5-273 | — | 549 | 37 | — | — | — | — |
| | | | | s 0,2-22 | | | | | | | |

Примечания.

1. По требованию потребителя проводят определение $\sigma_{0,2}$.
2. Нормы $\sigma_{0,2}$ устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем.
3. Трубы должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии (МКК).
4. Проверку стойкости против МКК проводят по ГОСТ 6032-2003. По согласованию изготовителя и потребителя проверку стойкости против МКК допускается проводить методом ПТ ГОСТ 9.914-91. В случае разногласий в оценке результатов проверку проводят по ГОСТ 6032-2003.
5. Для контроля качества от партии отбирают: две трубы — для испытаний на растяжение; одну трубу — на сплющивание или раздачу; две трубы — на МКК. При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, отобранных от той же партии. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.
6. Только для трубопроводов группы С с обязательным выполнением УЗК (Примечание 21 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| 08X18H10T (0X18H10T, ЭИ 914), 08X18H10T-ВД | | | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10498-82 | В состоянии поставки | | | ϕ 4-120 s 0,2-1,0 | — | 529 | 40 | — | — | — | — |

Примечания.

- Содержание неметаллических включений (максимальный балл) должно соответствовать: оксидно-силикатные — 1, сульфидные — 1, глобулярные — 1. Сумма всех указанных включений в одном поле зрения не должна превышать балла 2.
 - Трубы диаметром до 80 мм включительно должны быть термически обработанными. Трубы с толщиной стенки менее 0,2 мм и трубы диаметром более 80 мм должны быть термически обработанными по согласованию с потребителем.
 - Величина зерна металла труб должна быть не крупнее балла 7.
 - В партии допускается до 30% труб с величиной зерна не крупнее балла 6 при условии разделения этих труб.
 - Трубы с толщиной стенки 0,2 мм и более должны выдерживать испытательное гидравлическое давление P₁, в соответствии с ГОСТ 3845-75.
 - Трубы должны выдерживать сплющивание.
 - Для контроля качества отбирают трубы от партии, но не менее трех в количестве:
 - 10% — на МКК, величину зерна, сплющивание, контроль сжатым воздухом;
 - 3% — на растяжение, для осмотра внутренней поверхности труб с $\phi_{\text{внутр}}$ менее 8,2 мм, на содержание неметаллических включений.
- Проверка склонности металла к МКК проводят по требованию потребителя.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|--|-------|-------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 11068-81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 8-102 s 0,8-4,0 | 216 | 530 | 37 | — | — | — | — |

Примечания.

- Трубы изготавливают термически обработанными.
 - Трубы должны выдерживать сплющивание в соответствии с условиями данного ГОСТ.
 - По требованию потребителя термически обработанные трубы должны выдерживать следующие испытания:
 - испытания на раздачу до увеличения наружного диаметра на 12%;
 - испытания на бортование до получения ширины отгибаемого борта, измеренной от внутренней поверхности трубы, равной 1,5 толщины стенки (испытание на бортование проводят на трубах диаметром не менее 25 мм, угол отбортовки 90°);
 - испытание на загиб.
 - Для испытания на растяжение, МКК, раздачу, бортование, загиб, сплющивание отбирают две трубы от партии. Для определения величины зерна отбирают одну трубу от партии.
- Определение $\sigma_{0,2}$ проводят по требованию потребителя.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|------------------|---|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 14162-79 | Термообработанные | | | ϕ_n 0,3-5,0 | — | 529 | 37 | — | — | — | — |
| | Нагартованные | | | ϕ_n 0,3-5,0 | Механические свойства устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем | | | | | | |

Примечания.

- Термообработанные трубки внутренним диаметром 0,8 мм и более по требованию потребителя должны испытываться на МКК.
 - Определение величины зерна проводят металлографическим методом на продольных образцах по ГОСТ 5639-82. Допускается определение величины зерна ультразвуковым методом.
- В случае разногласий в оценке результатов определение производят металлографическим методом по ГОСТ 5639-82.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|--------------------------------------|-------|-------------------|-------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18907-73 | Отожженное состояние | | | 5,0-30 | Механические свойства по ГОСТ 5949-75 | | | | | | |
| | Термообработка на заданную прочность | | | 1,0-30 | — | 590-830 | 20 | — | — | — | — |
| | Нагартованное состояние | | | 1,0-5,0 | — | 930 | — | — | — | — | — |
| | | | | 5,0-30 | — | 880 | — | — | — | — | — |

Примечания.

- Сталь не должна обладать склонностью к МКК.
- Для проверки качества стали от партии отбирают:
 - а) для определения твердости — 5%, но не менее пяти прутков;
 - б) для определения механических свойств (испытания на растяжение и на перегиб) — два прутка.
- Макроструктуру проверяют при плавочном контроле на предприятии-изготовителе и результаты проверки заносят в документ о качестве.

| 08X18H10T (0X18H10T, ЭИ 914), 08X18H10T-ВД | | | | Механические свойства | | | | |
|--|--|-------|-------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|----|-----------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Группа | Количество изделий от партии | Вид испытания | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | |
| ГОСТ 20700-75 | Сталь поставляется в горячекатаном (кованом) состоянии | | | Шайбы | | | | |
| | | | | 3 | 100% | Определение твердости | | Твердость не ограничивается |
| | | | | 4 | 2%, но не менее 2 штук | Определение твердости | | |
| 5 | Без испытаний | — | | | | | | |

Примечания.

1. Для шайб устанавливается только 3, 4, 5-я группы качества.

Группа качества устанавливается конструктором и должна быть указана в чертеже.

2. Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

Пределы длительной прочности

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|-------|---|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ |
| ГОСТ 20700-75 | Закалка | 1020-1100 | Вода или воздух | 500 | 245 | 196 |
| | | | | 525 | 206 | 167 |
| | | | | 565 | 152 | 127 |
| | | | | 580 | 132 | 98 |
| | | | | 650 | 78 | 59 |
| | | | | 700 | 54 | — |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | НВ | КП |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------|--|------------------------------------|------|------|-------------------------|---------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23304-78 | Закалка | 1020-1100 | Вода или воздух | Не ограничивается | 20 | Болты и шпильки | | | | | | |
| | | | | | | 196 | 490 | 40 | 55 | — | 131-197 | 196 |
| | Закалка | 1020-1100 | Вода или воздух | Не ограничивается | 20 | Гайки, плоские подкладные шайбы выпуклые и вогнутые, сферические шайбы | | | | | | |
| | | | | | | 196 | 490 | 40 | 55 | — | 131-197 | — |
| | | | | | 350 | 137 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | 137 | — | — | — | — | — | — |

Примечания.

1. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для σ_{0,2}, σ_b, δ, ψ соответственно на 5, 5, 25, 20%.

2. Допускается в качестве закалочных сред применение водных растворов полимерных соединений.

3. На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футорки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.

4. Для стали определение ударной вязкости не производить.

5. В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин.

Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более.

Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3а контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.

6. Ультразвуковой контроль (УЗК) проводят на заготовках, прошедших окончательную термическую обработку. При проведении повторной полной термической обработки заготовок должен проводиться повторный УЗК. Для деталей, подвергаемых химико-термической обработке, УЗК проводят до химико-термической обработки.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------|--|-------|-------------------|-----------------------|---|---|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 24030-80 | В состоянии поставки термообработанные | | | φ _n 6-76 | 20 | Группа А (повышенной точности прокатки) | | | | | | |
| | | | | | 350 | 176-323 | 549 | 37 | — | — | — | — |
| | | | | φ _n 76-273 | 20 | — | 549 | 37 | — | — | — | — |
| | | | | | 350 | 176-333 | — | — | — | — | — | — |
| | В состоянии поставки термообработанные | | | φ _n 6-76 | Группа Б (нормальной точности прокатки) | | | | | | | |
| | | | | | 20 | 147 | 549 | 37 | — | — | — | — |
| | | | | φ _n 76-273 | 350 | 176-343 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | φ _n 76-325 | 20 | — | 549 | 37 | — | — | — |
| | | | 350 | 176-343 | — | — | — | — | — | — | | |

08X18H10T (0X18H10T, ЭИ 914), 08X18H10T-ВД **Механические свойства при комнатной температуре**

Примечания.

1. Для готовых труб групп А и Б с толщиной стенки более 15 мм σ_b должно быть не менее 490 Н/мм².
2. Относительное удлинение, определяемое на патрубках диаметром менее 18 мм для групп А и Б, должно быть не менее 35%.
3. Трубы не должны быть склонны к межкристаллитной коррозии.
4. На трубах не должно быть трещин и надрывов при сплющивании и при раздаче.
5. Трубы должны выдерживать гидравлическое давление (P_1) в соответствии с ГОСТ 3845–75.
6. Трубы должны быть термически обработанными и правленными.
7. Механические свойства труб должны соответствовать таблице.

Группа А (Примечание 36 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 25054–81 | Закалка | 1050–1100 | Вода или воздух | До 200 | 196 | 500 | 38 | 52 | — | — | ≤ 179 |
| | | | | Свыше 200 до 500 | 196 | 500 | 36 | 46 | — | — | ≤ 179 |
| | | | | Свыше 500 до 1000 | 196 | 500 | 35 | 40 | — | — | ≤ 179 |

| Показатели механических свойств | Допускаемое снижение норм механических свойств, % | | | |
|---------------------------------|---|-------------------------|---|--------------|
| | для поперечных образцов | для радиальных образцов | для тангенциальных образцов поковок диаметром | |
| | | | до 300 мм | свыше 300 мм |
| Предел прочности | 10 | 10 | 5 | 5 |
| Предел текучести | 10 | 10 | 5 | 5 |
| Относительное удлинение | 50 | 35 | 25 | 30 |
| Относительное сужение | 40 | 35 | 20 | 25 |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ОСТ 95–29–72 | Аустенитизация | 1020–1100 | Вода или воздух | | 20 | 226 | 490 | 37 | 45 | — | — | — |
| | | | | | 350 | 176 | 352 | — | — | — | — | — |

Примечания.

1. Для заготовок деталей из стали, подведомственной “Правилам устройства и безопасной эксплуатации оборудования АЭС, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок”, производится определение относительного сужения (ψ) при 20°C. Значение ψ не менее 45%. Одновременно для заготовок деталей III и IV групп определяются относительное сужение (ψ) и относительное удлинение (δ) при температуре 350°C. Значения ψ и δ при 350°C не являются сдаточными, но заносятся в документ о качестве.
2. Допускается проводить испытания механических свойств на поперечных, тангенциальных и радиальных образцах. При проведении механических испытаний на поперечных, тангенциальных и радиальных образцах допускается снижение механических свойств: σ_b и $\sigma_{0,2}$ на 5%; δ и ψ на 25% (относительных).
3. Термообработанные заготовки проверяют на МКК по ГОСТ 6032–2003.

С обязательным выполнением УЗК (Примечание 26 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------|--|-------|-------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.109.01–92 | В состоянии поставки термообработанные | | | До 200 ¹ | 195 | 490 | 38 | 40 | — | — | — |
| | | | | Свыше 40 до 200 ² | 195 | 490 | 35 | 40 | — | — | — |
| | | | | Свыше 200 до 450 ² | 195 | 490 | 35 | 40 | — | — | — |

¹ Сортовой прокат, поковки.

² Ковано-катаный лист, плиты, поковки.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | Изгиб | HB |
|-------------|-------------------------|-------|-------------------|--------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 3–316–87 | Термообработанные трубы | | | ø 560, s 34; | 20 | 196 | 491 | 40 | 56 | — | d=2a | — |
| | | | | ø 568, s 38 | 325 | 177 | 353 | — | 50 | — | — | — |

Значения относительного удлинения при температуре 325°C не являются сдаточными, но заносятся в документ о качестве.

| 08X18H10T (0X18H10T, ЭИ 914), 08X18H10T-ВД | | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|---|---------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-760-78 | В состоянии поставки | | | ϕ_n 16 s 1,4 и 2,5; ϕ_n 25, s 2,5 | 20 | — | 549 | 35 | — | — | — | — |
| | | | | | 350 | 196-343 | — | — | — | — | — | — |
| | Аустенитизация | ПС | | 350 | 177-324 | — | — | — | — | — | — | — |

Назначение. Детали и узлы основного оборудования и трубопроводов АЭУ с водяным теплоносителем и РБН. Крепежные детали. Сварная аппаратура, работающая в растворах азотной, фосфорной, уксусной кислот, растворов щелочей и солей; теплообменники, муфелы, трубы, детали коммуникаций горячих газов, выхлопные коллекторы и патрубки авиадвигателей, детали печной арматуры, изделия автомобилестроения, торгового машиностроения, товары широкого потребления.

Облицовка проточной части радиально-осевых и поворотных лопастных турбин, камеры рабочих колес, облицовка лопаток направляющего аппарата и другие детали.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь коррозионно-стойкая, жаростойкая и хладостойкая аустенитного класса.

| Механические свойства в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------|-------------------|---------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [1, 4] | Закалка | 1050-1100 | Вода | Прутки ϕ 20 | 20 | 275 | 610 | 41 | 63 | 245 | — | — |
| | | | | | 300 | 200 | 450 | 31 | 65 | — | — | — |
| | | | | | 400 | 175 | 440 | 31 | 65 | 313 | — | — |
| | | | | | 500 | 175 | 440 | 29 | 65 | 363 | — | — |
| | | | | | 600 | 175 | 330 | 25 | 61 | 353 | — | — |
| | | | | | 700 | 160 | 270 | 26 | 53 | 333 | — | — |

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|-----|----------------------|-----------|-------------------|-------|---|-------------------|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁵ | |
| [4] | Закалка | 1050-1100 | Вода | 600 | 147 | 108 | 74 | |
| | | | | 650 | 78-98 | — | 29-39 | |

Пределы длительной прочности

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | |
|------|----------------------|-----------|-------------------|-------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 5·10 | 1·10 ² | 2·10 ² | 5·10 ² | 1·10 ³ | 5·10 ³ | 1·10 ⁴ |
| [16] | Закалка | 1050 | Вода | 600 | 260 | 250 | 230 | — | — | — | — |
| | | | | 700 | 140 | 130 | 120 | — | — | — | — |
| | | | | 800 | 90 | 50 | 30 | — | — | — | — |
| | Закалка | 1050-1100 | Воздух | 600 | — | — | — | — | 180 | — | — |
| | | | | 650 | — | — | — | — | 140 | — | — |
| | | | | 700 | — | — | — | — | 70 | — | — |
| | | | | 760 | — | — | — | — | 38 | — | — |
| | | | | 815 | — | — | — | — | 26 | — | — |
| | Закалка | 1050-1100 | Воздух | 870 | — | — | — | — | 19 | — | — |
| 550 | | | | — | — | 310 | 280 | 250 | 200 | 180 | |
| 600 | | | | — | — | 240 | 210 | 180 | 140 | 130 | |
| | | | 650 | — | 200 | 180 | 150 | 140 | 100 | 80 | |

| 08X18H10T (0X18H10T, ЭИ 914), 08X18H10T–ВД | | | | | | | |
|---|---|-----------------------------------|-----------------------|---|--------------------|-------------------------------|-------------------|
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10^4 ч [1, 2] | | | Жаростойкость | | | | |
| > 1,0 | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² , на базе (2–4)·10 ⁷ циклов [1] | | | НД | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч |
| t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | | | | | |
| 20 | 290 | — | [1, 7] | Воздух | 750 | 0,013 | 1000 |
| | | | | Воздух + 0,3% SO ₂ | 750 | 0,017 | 1000 |
| 100 | 255 | — | | Воздух + 0,3% SO ₂ + 6% H ₂ O | 750 | 0,038 | 1000 |
| | | | | Воздух + 1% SO ₂ | 750 | 0,022 | 1000 |
| 150 | 225 | — | | Воздух + 5% SO ₂ | 750 | 0,11 | 1000 |
| 250 | 208 | — | НД | Среда | t, °C | Привес, г/(м ² ·ч) | База испытаний, ч |
| | | | | | | | |
| | | | 900 | 0,20 | 100 | | |
| | | | 1000 | 1,20 | 100 | | |
| 350 | 196 | — | 1100 | 3,30–9,00 | 100 | | |
| Сталь устойчива против окисления на воздухе и в атмосфере продуктов сгорания топлива при температуре до 800°C (при работе с перерывами в условиях частых теплосмен) и до 900°C при непрерывной работе | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | |
| Общая | Вода, содержащая 4 г/кг H ₃ BO ₃ , 10 г/кг NH ₃ , 0,15 г/кг КОН РН = 8–9 | | | 320 | 3000 | 1 | |
| | Рабочая среда II-го контура АЭУ с ВВЭР (скорость потока 1,6–3 м/сек) | | | 250 | 3272 | 1 | |
| | Вода, содержащая 5 мг/кг Cl ⁻ , 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | | | 350 | 3000 | 1 | |
| | 40% HNO ₃ | | | 20 ÷ t _{кнп} | — | 1 | |
| | 5–90% уксусная кислота | | | 20 ÷ 75 | — | 1 | |
| | 10–65% фосфорная кислота | | | 20 ÷ 80 | — | 1 | |
| | 1–20% NaCl | | | 20 ÷ t _{кнп} | — | 1 | |
| | Насыщенный раствор NaCl | | | 20 ÷ t _{кнп} | — | 3 | |
| Точечная | По коррозионным свойствам близка к стали 12X18H9T | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | |
| Межкристаллитная | Сталь не склонна к МКК при испытании по ГОСТ 6032–2003 в закаленном состоянии и после провоцирующего нагрева при температуре 650°C По стойкости к МКК превосходит стали 12X18H10T и 12X18H12T. | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 7] | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | |
| Слиток | 1180–850 | До 300 | В штабелях на воздухе | До 350 | На воздухе | | |
| Заготовка | 1220–900 | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обработываемость резанием | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ | | | | В состоянии поставки при $\sigma_n = 510$ Н/мм ² K _v = 1,0 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | |

| Марка стали | Вид поставки |
|-------------|---|
| 12X18H10T | Лента — ГОСТ 4986–79, ТУ 14–1–652–73. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–3720–84, ТУ 14–1–5041–91. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77, ТУ 14–1–2542–78, ТУ 14–1–4028–85, ТУ 14–1–5040–91, ТУ 108–930–80. Трубы — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81, ГОСТ 11068–81, ТУ 14–3–586–77, ТУ 14–3–1109–82. Лист двухслойный — ГОСТ 10885–85. Трубки (капиллярные) — ГОСТ 14162–79. Проволока — ГОСТ 18143–72. Прутки — ГОСТ 18907–73, ТУ 14–1–748–73, ТУ 14–1–5039–91. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78. Поковки — ГОСТ 25054–81, ОСТ 95–29–72, ОСТ 108.109.01–92, ОСТ 108.958.04–85, ТУ 108.11.917–87, ТУ 108.11.992–88, ТУ 108–829–79. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|----------|--------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti |
| ≤ 0,12 | ≤ 0,80 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 17,0–19,0 | 9,0–11,0 | 5 × C – 0,80 |

Для стали, прокатываемой на непрерывных и полунепрерывных станах, содержание Ti должно быть $[5 \times (C - 0,02) - 0,7] \%$.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|--|-----------|-------------------|-------------|--|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4986–79 | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | 0,05–0,2 | — | 530 | 18 | — | — | — | — |
| | | | | 0,2–2,0 | — | 530 | 35 | — | — | — | — |
| | Полунагартованная, нагартованная и высоконагартованная лента | | | 0,05–0,2 | Механические свойства устанавливаются по согласованию с потребителем | | | | | | |
| | | | | 0,2–2,0 | | | | | | | |

Примечания.

- Лента должна выдерживать без образования трещин, надрывов, расслоений или излома число перегибов, не ниже:
 - из нагартованной и полунагартованной толщиной 0,2 мм и более;
 - из нагартованной и полунагартованной толщиной менее 0,2 мм.
- Сталь не должна быть склонна к МКК.
- Расслоение в ленте не допускается.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
|--------------|---|-----------------|-------------------|----------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|---|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Умягчающая термообработка | | | x/к 0,7–3,9 г/к 1,5–3,9 | 20 | Образцы поперечные | | | | | | | | |
| | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | | | 205 | 530 | 40 | — | — | — | — | | |
| | Прокат с повышенными значениями механических свойств (образцы поперечные) | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | | | 216 | 550 | 42 | — | — | — | — | | |
| | Нагартованное состояние | | | | | 20 | — | 880–1080 | 10 | — | — | — | — | |
| | Полунагартованное состояние | | | | | 20 | — | 740 | 25 | — | — | — | — | |
| Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | 350 | — | 250 | 40 | — | — | — | — | | | | |

Примечания.

- Сталь не должна обладать склонностью к МКК.
- Макроструктура стали не должна иметь следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений, трещин и пузырей, что обеспечивается технологией изготовления.
- Механические свойства проката должны соответствовать нормам таблицы.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1020–1100 | Вода, масло или воздух | г/к и ковчаная ϕ , □ или толщина до 200, калиброванная ϕ или стороной □ до 70 | 196 | 510 | 40 | 55 | — | — | — |

Примечания.

- Нормы механических свойств относятся к образцам, отобранным от стали диаметром или толщиной до 60 мм. Для сечения диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %. Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. %. Свойства стали диаметром или стороной квадрата более 100 мм допускается проверять на пробах, перекованных или перекатанных на размер 80–100 мм. Нормы механических свойств образцов в этом случае должны соответствовать указанным в таблице выше.

| 12X18H10T | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------|----------------------|----------------|--|-----------------------------------|---|---------------|----------------------------|-----|----|
| 2. В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают: а) с проверкой на отсутствие склонности к МКК; б) с травленной поверхностью; в) с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами; г) с нормированием содержания α -фазы; д) без проверки механических свойств и т.д. | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , (неразрушающее напряжение) за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁵ | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1050–1100 | Воздух или вода | 600 | 147 | 108 | 73,5 | | | | |
| | Старение | 800, 10 ч | Воздух | 650 | 78–98 | — | 29–39 | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 1000–1080 | Вода или воздух | г/к | 235 | 530 | 38 | — | — | — | — |
| | | | | х/к | | | | | | | |
| | | | | 4–5 | | | | | | | |
| Примечания. 1. Сталь не должна обладать склонностью к межкристаллитной коррозии. 2. Для проверки качества листов их отбирают: для испытания на растяжение, определение величины зерна и шероховатости поверхности — один лист от партии; для определения склонности к МКК — по ГОСТ 6032–2003; для определения загрязненности стали неметаллическими включениями — по ГОСТ 1778–70; для проверки химического состава — по ГОСТ 7565–81. Для проверки механических свойств, склонности к МКК, загрязненности неметаллическими включениями и величины зерна допускается от партии, состоящей из листов разной толщины и одного режима термообработки, отбирать лист наибольшей толщины. 3. Обязательно выполнение УЗК по п.3.106 ГОСТ 7350–77 (Примечание 20 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| ГОСТ 9940–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 57–325 | 216 | 529 | 40 | — | — | — | — |
| | | | | s 3,5–32 | | | | | | | |
| Примечания. 1. Для труб с соотношением D_n/s , равным или менее 8, допускается снижение σ_b на 19,6 Н/мм ² . 2. По требованию потребителя проводят определение $\sigma_{0,2}$. 3. Нормы $\sigma_{0,2}$ устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем. 4. Трубы должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии (МКК). 5. Проверку стойкости против МКК проводят по ГОСТ 6032–2003. По согласованию изготовителя и потребителя проверку стойкости против МКК допускается проводить методом ПТ ГОСТ 9.914–91. В случае разногласий в оценке результатов проверку проводят по ГОСТ 6032–2003. 6. Для контроля качества от партии отбирают: две трубы — для испытаний на растяжение; одну трубу — на сплющивание или раздачу; две трубы — на МКК. При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, отобранных от той же партии. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию. 7. Только для трубопроводов группы С с обязательным выполнением УЗК (Примечание 21 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| ГОСТ 9941–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 5–273 | 216 | 549 | 35 | — | — | — | — |
| | | | | s 0,2–22 | | | | | | | |
| Примечания. 1. По требованию потребителя проводят определение $\sigma_{0,2}$. 2. Нормы $\sigma_{0,2}$ устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем. 3. Трубы должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии (МКК). 4. Проверку стойкости против МКК проводят по ГОСТ 6032–2003. По согласованию изготовителя и потребителя проверку стойкости против МКК допускается проводить методом ПТ ГОСТ 9.914–91. В случае разногласий в оценке результатов проверку проводят по ГОСТ 6032–2003. | | | | | | | | | | | |

12X18H10T

Механические свойства при комнатной температуре

5. Для контроля качества от партии отбирают: две трубы — для испытаний на растяжение; одну трубу — на сплющивание или раздачу; две трубы — на МКК.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, отобранных от той же партии.

Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

6. Только для трубопроводов группы С с обязательным выполнением УЗК (Примечание 21 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 11068-81 | В состоянии поставки | | | ϕ 8-102 s 0,8-4,0 | 226 | 550 | 35 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Трубы изготовляют термически обработанными.

2. Трубы должны выдерживать сплющивание в соответствии с условиями данного ГОСТ.

3. По требованию потребителя термически обработанные трубы должны выдерживать следующие испытания:

испытания на раздачу до увеличения наружного диаметра на 12%;

испытания на бортование до получения ширины отгибаемого борта, измеренной от внутренней поверхности трубы, равной 1,5 толщины стенки (испытание на бортование проводят на трубах диаметром не менее 25 мм, угол отбортовки 90°);

испытание на загиб.

4. Для испытания на растяжение, МКК, раздачу, бортование, загиб, сплющивание отбирают две трубы от партии. Для определения величины зерна отбирают одну трубу от партии.

Определение $\sigma_{0,2}$ проводят по требованию потребителя.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|------------------|---|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 14162-79 | Термообработанные | | | ϕ_n 0,3-5,0 | — | 549 | 35 | — | — | — | — |
| | Нагартованные | | | ϕ_n 0,3-5,0 | Механические свойства устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем | | | | | | |

Примечания.

1. Термообработанные трубки внутренним диаметром 0,8 мм и более по требованию потребителя должны испытываться на МКК.

2. Определение величины зерна проводят металлографическим методом на продольных образцах по ГОСТ 5639-82. Допускается определение величины зерна ультразвуковым методом.

В случае разногласий в оценке результатов определение производят металлографическим методом по ГОСТ 5639-82.

| НД | Режим термообработки | | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|---------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | Класс | | | | | | | | |
| ГОСТ 18143-72 | Проволока | | | | ϕ 0,2-1,0 ϕ 1,1-3,0 ϕ 3,4-7,5 | не менее или в пределах | | | | | | |
| | Термообработанная | | | 1 класс | | — | 540-830 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | 2 класс | | — | 540-830 | 20 | — | — | — | — |
| | Холоднотянутая | | | | | — | 1080-1420 | — | — | — | — | — |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|--------------------------------------|-------|-------------------|-------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18907-73 | Отожженное состояние | | | 5,0-30 | Механические свойства по ГОСТ 5949-75 | | | | | | |
| | Термообработка на заданную прочность | | | 1,0-30 | — | 590-830 | 20 | — | — | — | — |
| | Нагартованное состояние | | | 1,0-5,0 | — | 930 | — | — | — | — | — |
| | | | | 5,0-30 | — | 880 | — | — | — | — | — |

Примечания.

1. Сталь не должна обладать склонностью к МКК.

2. Для проверки качества стали от партии отбирают:

а) для определения твердости — 5%, но не менее пяти прутков;

б) для определения механических свойств (испытания на растяжение и на перегиб) — два прутка.

3. Макроструктуру проверяют при плавочном контроле на предприятии-изготовителе и результаты проверки заносят в документ о качестве.

| НД | Режим термообработки | | | Группа | Количество изделий от партии | Вид испытания | HB |
|---------------|--|-------|-------------------|--------|------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | |
| ГОСТ 20700-75 | Сталь поставляется в горячекатаном (кованом) состоянии | | | | | Шайбы | |
| | | | | 3 | 100% | Определение твердости | Твердость не ограничивается |
| | | | | 4 | 2%, но не менее 2 штук | Определение твердости | |
| | | | | 5 | Без испытаний | — | |

| 12X18H10T | | Механические свойства | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-----|
| Примечания. | | | | | | | | | | | | |
| 1. Для шайб устанавливается только 3, 4, 5-я группы качества. | | | | | | | | | | | | |
| Группа качества устанавливается конструктором и должна быть указана в чертеже. | | | | | | | | | | | | |
| 2. Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23304-78 | Закалка | 1020-1100 | Вода или воздух | Не ограничивается | 20 | 196 | 490 | 40 | 55 | — | 131-197 | 196 |
| | | | | | 350 | 137 | — | — | — | — | — | — |
| | Закалка | 1020-1100 | Вода или воздух | Не ограничивается | 20 | 196 | 490 | 40 | 55 | — | 131-197 | — |
| | | | | | 350 | 137 | — | — | — | — | — | — |

Примечания.

- При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для $\sigma_{0,2}$, σ_B , δ , ψ соответственно на 5, 5, 25, 20%.
- Допускается в качестве закалочных сред применение водных растворов полимерных соединений.
- На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футорки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.
- Для стали определение ударной вязкости не производить.
- В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин.

Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более.

Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3а контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.

- Ультразвуковой контроль (УЗК) проводят на заготовках, прошедших окончательную термическую обработку. При проведении повторной полной термической обработки заготовок должен проводиться повторный УЗК. Для деталей, подвергаемых химико-термической обработке, УЗК проводят до химико-термической обработки.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 25054-81 | Закалка | 1050-1100 | Вода или воздух | До 200 | 196 | 510 | 38 | 52 | — | — | ≤ 179 |
| | | | | Свыше 200 до 500 | 196 | 510 | 36 | 46 | — | — | ≤ 179 |
| | | | | Свыше 500 до 1000 | 196 | 510 | 35 | 40 | — | — | ≤ 179 |

Примечания.

При определении механических свойств поковок на поперечных, тангенциальных или радиальных образцах допускается снижение норм механических свойств в соответствии с таблицей ниже.

- Механические свойства поковок типа колец, изготавливаемых раскаткой, должны соответствовать указанным в таблице выше.
- Свойства поковок из сталей, выплавленных электрошлаковым переплавом, вакуумно-дуговым переплавом и другими рафинирующими способами выплавки, должны устанавливаться по согласованию изготовителя с потребителем, при этом пластические свойства должны быть не ниже приведенных в таблице значений для сталей открытой выплавки.
- Химический состав стали для поковок должен соответствовать требованиям ГОСТ 5632-72.
- Поковки должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии.
- Поковки должны подвергаться термической обработке.

Число термических обработок должно быть не более двух.

Поковки, прошедшие после термической обработки правку в холодном или подогретом состоянии, должны быть дополнительно термически обработаны для снятия остаточных напряжений.

- Группа поковок и требования к макро- и микроструктуре, механическим свойствам при повышенных температурах (σ_B , $\sigma_{0,2}$, δ , ψ), внутренним дефектам должны быть указаны в НТД на конкретную поковку.

| Показатели механических свойств | Допускаемое снижение норм механических свойств, % | | | |
|---------------------------------|---|-------------------------|---|--------------|
| | для поперечных образцов | для радиальных образцов | для тангенциальных образцов поковок диаметром | |
| | | | до 300 мм | свыше 300 мм |
| Предел прочности | 10 | 10 | 5 | 5 |
| Предел текучести | 10 | 10 | 5 | 5 |
| Относительное удлинение | 50 | 35 | 25 | 30 |
| Относительное сужение | 40 | 35 | 20 | 25 |

| 12X18H10T | | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|-----------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ОСТ 95–29–72 | Аустенизация | 1020–1100 | Вода или воздух | Не оговаривается | 20 | не менее | | | | — | — | |
| | | | | | | 246 | 520 | 37 | 45 | | | |
| | | | | | 350 | 186 | 372 | — | — | — | — | |

Примечания.

1. В отдельных случаях по решению главного металлурга предприятия-изготовителя допускается изготовление деталей из стали 08X18H10T вместо стали 12X18H10T, с соблюдением требований, указанных для стали 12X18H10T.

2. Для заготовок деталей из стали, подведомственной "Правилам устройства и безопасной эксплуатации оборудования АЭС, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок", производится определение относительного сужения (ψ) при 20°C. Значение ψ не менее 45%. Одновременно для заготовок деталей III и IV групп определяются относительное сужение (ψ) и относительное удлинение (δ) при температуре 350°C. Значения ψ и δ при 350°C не являются эталонными, но заносятся в документ о качестве.

3. Допускается проводить испытания механических свойств на поперечных, тангенциальных и радиальных образцах.

При проведении механических испытаний на поперечных, тангенциальных и радиальных образцах допускается снижение механических свойств: σ_b и $\sigma_{0,2}$ на 5%; δ и ψ на 25% (относительных).

4. Термообработанные заготовки проверяют на МКК по ГОСТ 6032–2003.

С обязательным выполнением УЗК (Примечание 26 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------|--|-------|-------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.109.01–92 | В состоянии поставки термообработанные | | | До 200 ¹ | не менее | | | | — | — | |
| | | | | | 195 | 490 | 38 | 40 | | | |
| | | | | | Свыше 40 до 200 ² | 195 | 490 | 35 | | | 40 |
| | | | | Свыше 200 до 450 ² | 195 | 490 | 35 | 40 | — | — | |

¹ Сортовой прокат, поковки.

² Ковано-катаный лист, плиты, поковки.

Назначение. Детали и узлы основного оборудования и трубопроводов АЭУ с водяным теплоносителем. Лопатки, трубы и другие детали энергетического машиностроения, работающие при температуре до 600°C. Сварные аппараты и сосуды, работающие в разбавленных растворах азотной, уксусной, фосфорной кислот, растворах щелочей и солей, днища адсорберов, регенераторы, теплообменники и др. Корпусы и другие детали, работающие под давлением при температуре от минус 196°C до плюс 600°C, а при наличии агрессивных сред до плюс 350°C.

Облицовка проточной части радиально-осевых и поворотно-лопастных турбин, камеры рабочих колес, облицовка цапф, лопаток направляющего аппарата и шеек валов с подшипниками на водной смазке, клапаны, седла клапанов, крепежные и другие детали, к которым предъявляются требования по коррозионной стойкости.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь коррозионно-стойкая, жаростойкая, жаропрочная и хладостойкая аустенитного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | | | | | Тип образца | Пределы длительной прочности и ползучести | | | | |
|--|-------|--------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------|---|-------|---|--|-------|
| НД | t, °C | σ_b , Н/мм ² | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| [2] | 20 | — | 279 | — | 10 ⁷ | Гладкий | [1, 2] | 500 | 245 | 196 | — |
| | 400 | — | 211 | — | 10 ⁷ | | | 550 | 186–235 | 137–196 | — |
| | 500 | — | 201 | — | 10 ⁷ | | | 600 | 132–167 | 98–127 | 74–78 |
| | 600 | — | 196 | — | 10 ⁷ | | | 650 | 64–103 | 44–74 | — |
| [5] | 20 | 680 | 285 | — | 10 ⁷ | Гладкий | [5] | 700 | 53–71 | 34–44 | — |
| | 200 | 510 | 225 | — | 10 ⁷ | | | 500 | 250 | 200 | — |
| | 400 | 505 | 215 | — | 10 ⁷ | | | 525 | 210 | 170 | — |
| | 500 | 480 | 205 | — | 10 ⁷ | | | 550 | 190 | 150 | — |
| | 600 | 470 | 200 | — | 10 ⁷ | | | 565 | 155 | 130 | — |
| | 20 | 680 | 245 | — | 10 ⁷ | | | 600 | 135 | 100 | — |
| | 200 | 510 | 235 | — | 10 ⁷ | | | 625 | 110 | 80 | — |
| | 400 | 505 | 205 | — | 10 ⁷ | | | 650 | 80 | 60 | — |
| 500 | 480 | 135 | — | 10 ⁷ | 700 | 55 | 40 | — | | | |
| 600 | 470 | 135 | — | 10 ⁷ | | | | | | | |

Механические свойства в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------|----------------------|-----------|-------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1, 7] | Закалка | 1050–1100 | Воздух | 20 | 225–314 | 549–647 | 46–74 | 66–80 | 216–372 | — | — |
| | | | | 500 | 137–206 | 392–441 | 30–42 | 60–70 | 196–353 | — | — |
| | | | | 550 | 137–206 | 382–451 | 31–41 | 61–68 | 216–353 | — | — |
| | | | | 600 | 118–206 | 343–412 | 28–38 | 51–74 | 196–353 | — | — |
| | | | | 650 | 118–196 | 274–392 | 27–37 | 52–73 | 245–353 | — | — |
| | | | | 700 | 118–196 | 265–363 | 20–38 | 40–70 | 255–353 | — | — |

| 12X18H10T | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------------------|-------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5, 15] | Закалка | 1050 | Вода | Пруток ø 18–25 | -253 | 600 | 1790 | 25 | — | 120 | — | — |
| | | | | | -196 | 460 | 1610 | 38 | 56 | 200 | — | — |
| | Содержание δ-фазы не более 3% | | | | -70 | 360 | 1130 | 40 | 64 | 250 | — | — |
| | 20 | 280 | 620 | | 40 | 60 | 250 | — | — | | | |
| | 100 | 245 | 510 | | 45 | 70 | 220 | — | — | | | |
| | 200 | 200 | 450 | | 35 | 65 | 250 | — | — | | | |
| | 300 | 200 | 460 | | 40 | 60 | 250 | — | — | | | |
| | 400 | 180 | 400 | | 30 | 60 | — | — | — | | | |
| | 500 | 180 | 450 | | 30 | 65 | — | — | — | | | |
| | 600 | 180 | 400 | | 25 | 60 | — | — | — | | | |
| | 700 | 160 | 280 | | 25 | 60 | — | — | — | | | |
| | 800 | 100 | 180 | | 35 | 65 | — | — | — | | | |
| | 900 | — | 90 | | 36 | 70 | 230 | — | — | | | |
| 1050 | 40 | 60 | 40 | 70 | 200 | — | — | | | | | |
| 1100 | — | 38 | 35 | 70 | 150 | — | — | | | | | |
| 1200 | — | 18 | 75 | 95 | 100 | — | — | | | | | |

| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения [5] | | | | | | Механические свойства холоднотянутой проволоки диаметром 0,8 мм после отпуска [5] | | | | | |
|--|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|---|-----------------------|-----|------------------------------------|------|--|
| Режим старения | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | t _{отп} , °C | | σ _в , Н/мм ² | | |
| t, °C | τ, ч | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 310 | 650 | 55 | 75 | 250 | Исходное состояние | | 1750 | | |
| 500 | 10000 | 300 | 620 | 54 | 70 | 190 | 400 | | 2000 | | |
| 550 | 10000 | 310 | 630 | 54 | 65 | 245 | 450 | | 1950 | | |
| 600 | 10000 | 310 | 640 | 52 | 70 | 225 | 500 | | 1900 | | |
| 650 | 10000 | 270 | 620 | 46 | 72 | 170 | 550 | | 1800 | | |
| | | | | | | | | 600 | | 1700 | |
| | | | | | | | | 700 | | 1000 | |

| Механические свойства после холодного деформирования при различных температурах | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Степень деформации, % | | | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | | | | | | | | | | | |
| [5, 15] | 0 | | | 20 | 280 | 550 | 40 | — | — | — | — |
| | 30 | | | 20 | 900 | 950 | 12 | — | — | — | — |
| | 70 | | | 20 | 1150 | 1250 | 3 | — | — | — | — |
| | 60 | | | -253 | 1530 | 1760 | 24 | — | — | — | — |
| | 60 | | | -196 | 1530 | 1770 | 32 | — | — | — | — |
| | 60 | | | -70 | 1390 | 1450 | 10 | — | — | — | — |
| | 60 | | | -2 | 1200 | 1330 | 10 | — | — | — | — |
| | 60 | | | 20 | 1290 | 1330 | 10 | — | — | — | — |
| | 60 | | | 300 | 970 | 1080 | 6 | — | — | — | — |
| | 60 | | | 400 | 850 | 920 | 8 | — | — | — | — |
| | 60 | | | 500 | 780 | 870 | 10 | — | — | — | — |
| | 60 | | | 700 | 360 | 420 | 30 | — | — | — | — |

| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|-----------|-------------------|-------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 5-10 | 1·10 ² | 2·10 ² | 5·10 ² | 1·10 ³ | 5·10 ³ | 1·10 ⁴ |
| [16] | Закалка | 1050 | Вода | 600 | 260 | 250 | 230 | — | — | — | — |
| | | | | 700 | 140 | 130 | 120 | — | — | — | — |
| | | | | 800 | 90 | 50 | 30 | — | — | — | — |
| | Закалка | 1050–1100 | Воздух | 600 | — | — | — | — | 180 | — | — |
| | | | | 650 | — | — | — | — | 140 | — | — |
| | | | | 700 | — | — | — | — | 70 | — | — |
| | | | | 760 | — | — | — | — | 38 | — | — |
| | | | | 815 | — | — | — | — | 26 | — | — |
| | 870 | — | — | — | — | 19 | — | — | | | |
| | Закалка | 1050–1100 | Воздух | 550 | — | — | 310 | 280 | 250 | 200 | 180 |
| | | | | 600 | — | — | 240 | 210 | 180 | 140 | 130 |
| | | | | 650 | — | 200 | 180 | 150 | 140 | 100 | 80 |

| 12X18H10T | | Жаростойкость [1, 4, 15, 16] | | | | | |
|---|----------------------------------|---|--|-------------------------------|--------------------|---------------------------|---|
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч [1, 2] | | Среда | t, °C | Привес, г/(м ² ·ч) | База испытаний, ч | Группа или балл стойкости | |
| > 1,0 | | Воздух | 650 | — | — | 2–3 | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | Воздух | 750 | — | — | 4–6 | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | |
| Исходное состояние | | 274 | Воздух | 800 | 0,03 | 100 | — |
| 5000 | 600 | 186–206 | 900 | 0,20 | — | — | |
| | | | 1000 | 1,20 | — | — | |
| | | | 1100 | 3,3–9,0 | — | — | |
| | | | Сталь устойчива против окисления на воздухе и в атмосфере продуктов сгорания топлива при температуре до 800°C (при работе с перерывами в условиях частых теплосмен) и до 900°C при непрерывной работе. | | | | |
| 5000 | 650 | 176–196 | Сталь обладает достаточно высокой жаростойкостью при 600–800°C | | | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | |
| Общая | | По коррозионным свойствам близка к стали марки 12X18H9T | | | | | |
| Точечная | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | Сталь не склонна к МКК при испытании по ГОСТ 6032–2003 в закаленном состоянии. После нагрева в интервале температур 600–650°C может приобрести склонность к МКК | | | | | |
| Коррозионная стойкость [5, 14, 15] | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | Группа стойкости | | |
| Общая | | Спокойный воздух | 650 | 0,002 | — | | |
| | | Спокойный воздух | 700 | 0,015 | — | | |
| | | Спокойный воздух | 750 | 0,06 | — | | |
| | | Спокойный воздух | 800 | 0,2 | — | | |
| | | Выхлопные газы (3,2% CO ₂ ; 17,6% O ₂ ; 76,7% N ₂ ; 3,5% H ₂ O; 0,03% SO ₂) | 670–680 | 0,1 | — | | |
| | | Газ (4,5% CO ₂ ; 0,03% SO ₂ ; 6% H ₂ O; воздух) | 750 | 0,2 | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | |
| Ковка [1, 2] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | |
| Слиток | 1200–850 | До 300 | В штабелях на воздухе | | До 350 | На воздухе | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | | |
| Свариваемость [1] | | | Обрабатываемость резанием [1] | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуется последующая термообработка | | | В закаленном состоянии при 169 НВ и $\sigma_b = 608 \text{ Н/мм}^2$ $K_v = 0,60$ (твердый сплав), $K_v = 0,35$ (быстрорежущая сталь) | | | | |

| | |
|---------------------------|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 08X18H12Б (ЭИ 402) | Лист тонкий — ГОСТ 5582–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Пруток — ГОСТ 5945–75. Труба горячедеформированная — ГОСТ 9940–81. Труба холодно-теплodeформированная — ГОСТ 9941–81. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|--------------|---|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Nb | N |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,80 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 17,0–19,0 | 11,0–13,0 | 10 × C –1,10 | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 1000–1100 | Вода или воздух | Лист < 4,0 | — | 540 | 40 | — | — | — | — |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 1000–1100 | Вода или воздух | Лист > 4,0 | 206 | 509 | 40 | — | — | — | — |
| ГОСТ 5945–75 | Закалка | 1000–1100 | Вода или воздух | Пруток | 180 | 500 | 40 | — | — | — | — |
| ГОСТ 9940–81 | Закалка | 1000–1100 | Вода или воздух | Труба г/к | — | 510 | 38 | — | — | — | — |
| ГОСТ 9940–81 | Закалка | 1000–1100 | Вода или воздух | Труба х/к | — | 529 | 27 | — | — | — | — |
| [34] | В состоянии поставки | | | Трубная заготовка | | | | | | | |
| | | | | ø 190–220 | 230 | 520 | 40 | — | — | — | — |
| | | | | ø < 200 | 160 | 480 | 27 | 17 | — | — | — |
| | | | | ø > 220 | 230 | 520 | 40 | 40 | — | — | — |
| | | | | ø 80–180 | 230 | 520 | 40 | — | — | — | — |

Назначение. Сварное оборудование для работы в контакте с азотной кислотой.

Применяют в качестве коррозионно-стойкого, жаростойкого и жаропрочного материала.

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HB |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [15] | Закалка | 1100 | Вода | Лист | – 253 | 450 | 1610 | 40 | — | 80 | — |
| | | | | | – 196 | 350 | 1370 | 40 | — | 110 | — |
| [34] | | | | Пруток | – 70 | 310 | 980 | 50 | — | 100 | — |
| | | | | | 20 | 290 | 640 | 45 | 60 | 150 | — |
| | | | | | 540 | 190 | 410 | 45 | 65 | — | — |
| | | | | | 650 | 180 | 350 | 40 | 65 | — | — |
| | | | | | 700 | 170 | 290 | 52 | 74 | — | — |
| | | | | | 750 | — | 260 | 20 | 40 | — | — |
| | | | | | 815 | — | 230 | 20 | 45 | — | — |
| | | | | | 870 | — | 180 | 25 | 42 | — | — |
| | | | | | 1000 | — | 54 | 42 | 67 | 250 | — |
| | | | | | 1200 | — | 20 | 54 | 85 | 179 | — |
| | | | | | 1300 | — | 10 | 60 | 88 | 105 | — |

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
|------|-------|---|-------------------|--|
| | | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | |
| [15] | 540 | — | — | 158 |
| | 600 | 230 | 160 | 130 |
| | 650 | 120 | 70 | — |
| | 700 | 100 | 40 | 27 |
| | 750 | — | — | 18 |

| 08X18H12Б (ЭИ 402) | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|--------------|---|---------------------------|---------------------------|--------------------|--|
| Релаксационная стойкость [29, 34] | | | | Жаростойкость [15] | | | | |
| t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_t , Н/мм ² , за время, ч | НВ | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | |
| | | 1000 | | | | | | |
| 550 | 50 | 35 | — | Сталь устойчива против окисления при температурах до 850°C | | | | |
| 550 | 70 | 43 | — | | | | | |
| 550 | 100 | 67 | — | | | | | |
| 600 | 50 | 25 | — | | | | | |
| 600 | 70 | 30 | — | | | | | |
| 600 | 100 | 50 | — | | | | | |
| 650 | 50 | 10 | — | | | | | |
| 650 | 70 | 17 | — | | | | | |
| 650 | 100 | 28 | — | | | | | |
| Коррозионная стойкость [15, 34] | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | Группа стойкости | | |
| Общая | Воздух | | | 650 | 0,008 | Весьма стойкая | | |
| | | | | 750 | 0,015 | | | |
| | | | | 850 | 0,20 | | | |
| | | | 100% NaOH | | 399 | 1,7 | — | |
| | | | 60–100% NaOH | | 260 | 4,3 | — | |
| | | | 75% NaOH | | 100–120 | 0,17 | — | |
| | | | 70% NaOH | | 163 | 1,1 | — | |
| | | | | | 90–115 | 1,9 | — | |
| | | | | | 70 | 0,69 | — | |
| | | 50% NaOH | | 142 | 0,25 | — | | |
| | | 23% NaOH | | 104 | < 0,1 | — | | |
| | | 10% NaOH | | 77 | < 0,1 | — | | |
| Точечная | | Обладает более высокой коррозионной стойкостью против ножевой коррозии по сравнению со сталью 10X18H12Т | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [2] | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | |
| Слиток | 1160–900 | До 300 | | В штабелях на воздухе | До 350 | | На воздухе | |
| Заготовка ¹ | 1160–900 | | | | | | | |
| ¹ Заготовки больших сечений следует нагревать до 850°C медленно. Снятие наклепа производится путем нагрева до температуры 900–1080°C. | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обработываемость резанием | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, ЭШ и КТ | | | | В закаленном состоянии при $\sigma_0 = 550$ Н/мм ² $K_v = 0,6$ (твердый сплав), $K_v = 0,35$ (быстрорежущая сталь) | | | | |

| | |
|--------------------|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 08X18H12T | Лист — ГОСТ 5582–75, ГОСТ 7350–77. Трубы — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81, ТУ 3–316–87, ТУ 3–1109–82, ТУ 14–3–197–89. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|--------------|---|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | N |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,80 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 17,0–19,0 | 11,0–13,0 | 5 × C – 0,60 | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | г/к | Образцы поперечные | | | | | | |
| | | | | 1,5–3,9 | | | | | | | |
| | | | | х/к | — | 510 | 35 | — | — | — | — |
| | | | | 0,7–3,9 | | | | | | | |

Примечания.

1. Сталь не должна обладать склонностью к межкристаллитной коррозии.
2. Макроструктура стали не должна иметь следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений, трещин и пузырей, что обеспечивается технологией изготовления.
3. Механические свойства проката после умягчающей термообработки должны соответствовать нормам таблицы.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 1030–1080 | Вода или воздух | г/к | Образцы поперечные | | | | | | |
| | | | | 4–50 | | | | | | | |
| | | | | х/к | 205 | 510 | 43 | — | — | — | — |
| | | | | 4–5 | | | | | | | |

Примечания.

1. Сталь не должна обладать склонностью к межкристаллитной коррозии.
2. Для проверки качества листов их отбирают:
для испытания на растяжение, определение величины зерна и шероховатости поверхности — один лист от партии;
для определения склонности к МКК — по ГОСТ 6032–2003;
для определения загрязненности стали неметаллическими включениями — по ГОСТ 1778–70;
для проверки химического состава — по ГОСТ 7565–81.
Для проверки механических свойств, склонности к МКК, загрязненности неметаллическими включениями и величины зерна допускается от партии, состоящей из листов разной толщины и одного режима термообработки, отбирать лист наибольшей толщины.
3. С обязательным выполнением УЗК по п.3.106 ГОСТ 7350–77 (Примечание 20 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|--|-------|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| ГОСТ 9940–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ø 57–325 s 3,5–22 | — | 510 | 40 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Для труб с соотношением D_n/s , равным или менее 8, допускается снижение σ_b на 19,6 Н/мм².
2. По требованию потребителя трубы должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии (МКК).
3. Проверку стойкости против МКК проводят по ГОСТ 6032–2003.
4. Для контроля качества от партии отбирают: две трубы — для испытаний на растяжение; одну трубу — на сплющивание или раздачу; две трубы — на МКК.
При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, отобранных от той же партии.
Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.
5. Только для трубопроводов группы С с обязательным выполнением УЗК (Примечание 21 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| 08X18H12T | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|--------------|--|-----------------------|-------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 9941-81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 5-273 s 0,2-22 | — | 549 | 37 | — | — | — | — |

Примечания.

1. По требованию потребителя трубы должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии (МКК).

2. Проверку стойкости против МКК проводят по ГОСТ 6032-2003.

3. Для контроля качества от партии отбирают: две трубы — для испытаний на растяжение; одну трубу — на сплющивание или раздачу; две трубы — на МКК.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, отобранных от той же партии.

Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

4. Только для трубопроводов группы С с обязательным выполнением УЗК (Примечание 21 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | Изгиб | HB |
|-------------|-------------------------|-------|-------------------|---------------------------------------|-----------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----------|--------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 3-316-87 | Термообработанные трубы | | | ϕ 560, s 34; ϕ 568, s 38 | 20 325 | 196 177 | 491 353 | 40 — | 55 50 | — — | d=2a — | — — |

Значения относительного удлинения при температуре 325°C не являются сдаточными, но заносятся в документ о качестве.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [2, 7] | Аустенитизация | | | Прутки | 20 | — | 549 | 37 | — | — | — | — |
| | ПС | | | | 350 | 196-343 | — | — | — | — | — | — |
| | Термообработанные | | | Прутки | 20 | 196 | 490 | 40 | 55 | — | — | — |

Назначение. Трубы для перегревателей и коллекторов тепловых электростанций. Детали и узлы основного оборудования и трубопроводов АЭУ с водяным теплоносителем. Сварные аппараты и сосуды, работающие в коррозионно-активных средах (разбавленные растворы азотной, уксусной и фосфорной кислот, растворы щелочей и солей).

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса.

| НД | t, °C | σ_b , Н/мм ² | Предел выносливости, Н/мм ² | | | N | Наклеп кручением, % | Термообработка |
|----|-------|--------------------------------|--|---|-------------|---|---------------------|------------------------|
| | | | σ_{-1} | | τ_{-1} | | | |
| | | | Образец гладкий | Образец с кольцевым надрезом, угол 60°, R _n = 0,2 мм | | | | |
| ДЦ | 20 | 630 | 265 | 115 | — | — | 0 | Закалка 1100°C, воздух |
| | 20 | 720 | 415 | 105 | — | — | 25 | |
| | 20 | 760 | 445 | 105 | — | — | 50 | |
| | 20 | 780 | 455 | 125 | — | — | 75 | |
| | 580 | 630 | 250 | — | — | — | 0 | |
| | 580 | — | 295 | — | — | — | 13 | |
| | 580 | — | 235 | — | — | — | 100 | |

| 08X18H12T | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|-------------------|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|------------------|------|-------------------------|----|
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | |
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁵ | | | | | | | |
| ДЦ | 600–610 | 132 | 98 | 74 | | | | | | | |
| | 625 | 108 | 78 | — | | | | | | | |
| | 650–660 | 78 | 59 | — | | | | | | | |
| | 700 | 44 | 39 | — | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ, ч | | | | | | |
| ДЦ | Нормализация | 1050–1100, 0,5 ч | Воздух | Исходное состояние | | 225 | 588 | 66 | 74 | 305 | — |
| | | | | 600 | 10000 | 245 | 590 | 62 | 66 | 214 | — |
| | | | | 650 | 10000 | 228 | 583 | 58 | 68 | 230 | — |
| | | | | 700 | 10000 | 214 | 570 | 61 | 68 | 247 | — |
| | | | | 750 | 3000 | 245 | 579 | 58 | 65 | 235 | — |
| Коррозионная стойкость [2, 7] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | |
| Общая | | По коррозионным свойствам близка к стали 08X18H10T | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | Сталь практически не содержит ферритной фазы и обладает более высокой сопротивляемостью межкристаллитной коррозии по сравнению со сталью 08X18H10T. | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [5, 32, 33] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | | Группа стойкости | | | |
| Общая | | Воздух | | | 650 | 0,002 | | Весьма стойкая | | | |
| | | Воздух | | | 750 | 0,015 | | Стойкая | | | |
| | | Воздух | | | 850 | 0,21 | | Стойкая | | | |
| | | Газ (3,2% CO ₂ ; 17,2% O ₂ ; 76% N ₂ ; 3,5% H ₂ O; 0,03% SO ₂) | | | 675 | 0,1 | | Стойкая | | | |
| | | Газ (4,5% CO ₂ ; 0,3% SO ₂ ; 6% H ₂ O; воздух) | | | 750 | 0,02 | | Стойкая | | | |
| Технологические характеристики [2] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1220–850 | До 300 | | В штабелях на воздухе | До 350 | | На воздухе | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ | | | | | В состоянии поставки при σ _в = 510 Н/мм ² K _v = 1,0 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | | | |

| Марка стали | Вид поставки |
|------------------------|---|
| 12X18H12T (X18H12T) | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Трубы — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81, ОСТ 95–29–72, ТУ 14–3Р–55–2001, ТУ 14–3–1261–84. Лист двухслойный — ГОСТ 10885–85. Трубки (капиллярные) — ГОСТ 14162–79. Трубная заготовка — ТУ 14–1–565–84, ТУ 14–1–1529–93, ТУ 14–1–2560–78. |

| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | НД |
|----------------------------|--------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|---------------------|--------|------------------|
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Cu | |
| ≤ 0,12 | ≤ 0,80 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 17,0–19,0 | 11,0–13,0 | 5 × С – 0,70 | — | ГОСТ 5632–72 |
| ≤ 0,12 | ≤ 0,80 | 1,00–2,00 | ≤ 0,015 | ≤ 0,030 | 17,0–19,0 | 11,0–13,0 | 5 × (С–0,02) – 0,70 | ≤ 0,30 | ТУ 14–3Р–55–2001 |

Содержание остаточных элементов в стали должно соответствовать ГОСТ 5632–72.

Допустимые отклонения от норм химического состава:

Ni ± 0,15%; Mn ± 0,02%; Cr ± 0,20%; Ti ± 0,05%.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1020–1100 | Воздух, масло или вода | До 60 | 196 | 540 | 40 | 55 | — | — | — |

Примечания.

1. Нормы механических свойств относятся к образцам, отобранным от стали диаметром или толщиной до 60 мм.

Для сечения диаметром или толщиной свыше 60 до 100 мм допускается понижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %.

Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. %.

Свойства стали диаметром или стороной квадрата более 100 мм допускается проверять на пробах, перекованных или перекатанных на размер 80–100 мм. Нормы механических свойств образцов в этом случае должны соответствовать указанным в таблице выше.

2. В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают:

- с проверкой на отсутствие склонности к МКК;
- с травленной поверхностью;
- с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;
- с нормированием содержания α -фазы;
- без проверки механических свойств и т.д.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 1030–1080 | Вода или воздух | г/к 4–50 х/к 4–5 | 235 | 530 | 38 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Сталь не должна обладать склонностью к межкристаллитной коррозии.

2. Для проверки качества листов их отбирают:

для испытания на растяжение, определение величины зерна и шероховатости поверхности — один лист от партии;

для определения склонности к МКК — по ГОСТ 6032–2003;

для определения загрязненности стали неметаллическими включениями — по ГОСТ 1778–70;

для проверки химического состава — по ГОСТ 7565–81.

Для проверки механических свойств, склонности к МКК, загрязненности неметаллическими включениями и величины зерна допускается от партии, состоящей из листов разной толщины и одного режима термообработки, отбирать лист наибольшей толщины.

3. Обязательно выполнение УЗК по п.3.106 ГОСТ 7350–77 (Примечание 20 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| 12X18H12T (X18H12T) | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------------------|--|---|----------------------|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 9940–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 57–325 s 3,5–22 | — | 529 | 40 | — | — | — | — |

Примечания.

- Для труб с соотношением D_n/s , равным или менее 8, допускается снижение σ_B на 19,6 Н/мм².
- По требованию потребителя проводят определение $\sigma_{0,2}$.
- Нормы $\sigma_{0,2}$ устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем.
- По требованию потребителя трубы должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии (МКК).
- Проверку стойкости против МКК проводят по ГОСТ 6032–2003.

По согласованию изготовителя и потребителя проверку стойкости против МКК допускается проводить методом ПТ ГОСТ 9.914–91. В случае разногласий в оценке результатов проверку проводят по ГОСТ 6032–2003.

6. Для контроля качества от партии отбирают: две трубы — для испытаний на растяжение; одну трубу — на сплющивание или раздачу; две трубы — на МКК.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, отобранных от той же партии.

Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

7. Только для трубопроводов группы С с обязательным выполнением УЗК (Примечание 21 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----------------|--|-------|----------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 9941–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 5–273 s 0,2–22 | — | 549 | 35 | — | — | — | — |

Примечания.

- Механические свойства труб должны соответствовать нормам, указанным в таблице выше.
- Нормы $\sigma_{0,2}$ для труб устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем.
- По требованию потребителя трубы должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии (МКК).
- Проверку стойкости против МКК проводят по ГОСТ 6032–2003.

По согласованию изготовителя и потребителя проверку стойкости против МКК допускается проводить методом ПТ ГОСТ 9.914–91. В случае разногласий в оценке результатов проверку проводят по ГОСТ 6032–2003.

5. Для контроля качества от партии отбирают: две трубы — для испытаний на растяжение; одну трубу — на сплющивание или раздачу; две трубы — на МКК.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, отобранных от той же партии.

Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

6. Только для трубопроводов группы С с обязательным выполнением УЗК (Примечание 21 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|----------------------|----------------------|-------|----------------------|------------------|---|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 14162– 79 | Термообработанные | | | ϕ_n 0,3–5,0 | — | 510 | 26 | — | — | — | — |
| | Нагартованные | | | ϕ_n 0,3–5,0 | Механические свойства устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем | | | | | | |

Примечания.

- Термообработанные трубки внутренним диаметром 0,8 мм и более по требованию потребителя должны испытываться на МКК.
- Определение величины зерна проводят металлографическим методом на продольных образцах по ГОСТ 5639–82. Допускается определение величины зерна ультразвуковым методом.

В случае разногласий в оценке результатов определение производят металлографическим методом по ГОСТ 5639–82.

| 12X18H12T (X18H12T) | | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|---------------------|----------------------|-----------|-------------------|-----------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ОСТ 95–29–72 | Аустенитизация | 1020–1100 | Вода или воздух | — | 20 | 196 | 540 | 40 | 45 | — | — | — |
| | | | | | 350 | 176 | 352 | — | — | — | — | — |

Примечания.

1. Для заготовок деталей из стали, подведомственной “Правилам устройства и безопасной эксплуатации оборудования АЭС, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок”, производится определение относительного сужения (ψ) при 20°C. Значение ψ не менее 45%. Одновременно для заготовок деталей III и IV групп определяются относительное сужение (ψ) и относительное удлинение (δ) при температуре 350°C. Значения ψ и δ при 350°C не являются сдаточными, но заносятся в документ о качестве.

2. Допускается проводить испытания механических свойств на поперечных, тангенциальных и радиальных образцах.

При проведении механических испытаний на поперечных, тангенциальных и радиальных образцах допускается снижение механических свойств: σ_B и $\sigma_{0,2}$ на 5%; δ и ψ на 25% (относительных).

3. Термообработанные заготовки проверяют на МКК по ГОСТ 6032–2003.

С обязательным выполнением УЗК (Примечание 26 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------------------|----------------------|-----------|-------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14–ЗР–55–2001 | Аустенитизация | 1100–1200 | Воздух или вода | ϕ_n 76–325 | 216–392 | 539–686 | 35 | 55 | — | — | ≤ 190 |
| | | | | s 4,5–32 ¹ | | | | | | | |
| | | | | ϕ_n 10–89 | | | | | | | |
| | | | | s 2–8 ² | | | | | | | |

¹ Размеры горячедеформированных труб.

² Размеры холодно- и теплodeформированных труб.

Пределы длительной прочности

| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | |
|------------------|-------|---|-------------------|
| | | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ |
| ТУ 14–ЗР–55–2001 | 550 | 147 | 135 |
| | 600 | 108 | 97 |
| | 650 | 69 | 61 |
| | 700 | 29 | — |

Примечания.

1. Величины являются средними по совокупности имеющихся данных, которые при периодических испытаниях могут быть уточнены и при необходимости исправлены. Допускается отклонение фактических значений предела длительной прочности на 20% от указанных в таблице.

2. Пределы текучести и длительной прочности труб для промежуточных температур определяются путем линейной интерполяции между ближайшими значениями, приведенными в таблице.

| 12X18H12T (X18H12T) | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------|--|---|------------------------------------|---|-------------------|--|-------------------------|-----|----|--|
| <p>Назначение. Трубы для перегревателей и коллекторов тепловых электростанций, работающие при температуре 610–640°C. Детали и узлы основного оборудования и трубопроводов АЭУ с водяным теплоносителем. Сварные аппараты и сосуды, работающие в коррозионно-активных средах (разбавленные растворы азотной, уксусной и фосфорной кислот, растворы щелочей и солей). Различные детали, работающие при температурах от минус 196°C до плюс 600°C в агрессивных средах.</p> <p>Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ–7–008–89).</p> <p>Сталь коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная аустенитного класса.</p> | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 1050–1100 | Воздух | 20 | 225–315 | 550–640 | 46–74 | 66–80 | 215–372 | — | — | |
| | | | | 500 | 140–205 | 390–440 | 30–42 | 60–70 | 196–353 | — | — | |
| | | | | 550 | 140–205 | 380–450 | 31–41 | 61–68 | 215–353 | — | — | |
| | | | | 600 | 120–205 | 340–410 | 28–38 | 51–74 | 196–353 | — | — | |
| | | | | 650 | 120–195 | 270–390 | 27–37 | 52–73 | 245–353 | — | — | |
| | | | | 700 | 120–195 | 265–350 | 20–38 | 40–70 | 255–353 | — | — | |
| | | | | в пределах | | | | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5, 27] | | | ПС | 20 | 230 | 560 | 45 | 65 | 220 | — | — | |
| | | | | 100 | 240 | 510 | 40 | 75 | — | — | — | |
| | | | | 200 | 180 | 450 | 36 | 65 | 250 | — | — | |
| | | | | 300 | 160 | 420 | 30 | 65 | 260 | — | — | |
| | | | | 400 | 150 | 420 | 28 | 60 | 290 | — | — | |
| | | | | 500 | 140 | 400 | 30 | 60 | 200 | — | — | |
| | | | | 550 | 140 | 390 | 30 | 60 | 270 | — | — | |
| | | | | 600 | 120 | 350 | 29 | 50 | 200 | — | — | |
| | | | | 650 | 120 | 280 | 27 | 52 | 250 | — | — | |
| | | | | 700 | 120 | 270 | 20 | 40 | 250 | — | — | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [2, 4] | | | Тип образца | Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | | | | | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁵ | | | | |
| 270 | — | 10 ⁷ | Гладкий. $\sigma_b = 630$ Н/мм ² | [4] | 600 | 132–167 | 98–127 | 74–78 | | | | |
| | | | | | 700 | 53–71 | 34–44 | — | | | | |
| 113 | — | 10 ⁷ | С надрезом. Кольцевой надрез с R _n = 0,2 мм, углом 60° и глубиной надреза 1,75 мм | [5, 27] | 500 | 250 | 200 | — | | | | |
| | | | | | 525 | 210 | 170 | — | | | | |
| | | | | | 550 | 190 | 150 | 100 | | | | |
| | | | | | 575 | 155 | 130 | — | | | | |
| | | | | | 600 | 135 | 100 | 75 | | | | |
| | | | | | 625 | 110 | 80 | — | | | | |
| | 650 | 80 | 60 | 50 | | | | | | | | |
| | 700 | 55 | 40 | — | | | | | | | | |

| 12X18H12T (X18H12T) | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------------------|------------------------|--|---------------------------------------|--|-------------------|-------|
| Релаксационная стойкость | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_t , Н/мм ² , за время t, ч | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | |
| [1, 7] | Закалка | 1020–1100 | Воздух, масло или вода | 550 | 50 | 33 | | |
| | | | | 550 | 70 | 48 | | |
| | | | | 550 | 100 | 73 | | |
| | | | | 600 | 50 | 28 | | |
| | | | | 600 | 70 | 43 | | |
| | | | | 600 | 100 | 64 | | |
| | | | | 650 | 50 | 16 | | |
| | | | | 650 | 70 | 25 | | |
| | | | | 650 | 100 | 31 | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч [1, 2] | | | | Жаростойкость [1, 7] | | | | |
| 1,0 | | | | Среда | t, °C | Глубина коррозии, мм | База испытаний, ч | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | Продукты сгорания высокосернистого мазута | 650 | 0,62 | 10000 | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | |
| Исходное состояние | | | 294 | | Продукты сгорания экибастузского угля | 650 | 0,078 | 10000 |
| 10000 | 600 | 206 | | | | | | |
| 10000 | 650 | 216–225 | | | | | | |
| 10000 | 700 | 206–235 | | | | | | |
| 3000 | 750 | 225 | | 700 | 0,192 | 10000 | | |
| Коррозионная стойкость [1, 7] | | | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | |
| Общая | Вода, содержащая до 50 мг/кг Cl ⁻ и 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | | | 350 | 3000 | 1 | | |
| Точечная | То же | | | 350 | 3000 | Питтинги отсутствуют | | |
| Коррозионное растрескивание | Вода, содержащая до 5 мг/кг Cl ⁻ , 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | | | 350 | 3000 | Трещин не обнаружено | | |
| | Вода, содержащая 200 мг/кг Cl ⁻ , 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | | | 350 | 1000 | Коррозионные трещины | | |
| Межкристаллитная | Сталь не склонна к МКК при испытании по ГОСТ 6032–2003 в закаленном состоянии и после провоцирующего нагрева при температуре 650°C | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 7] | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1200–800 | До 300 | В штабелях на воздухе | До 350 | На воздухе | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД (электродами ЦТ–15–1 для корневого шва, ЦТ–15 для последующих слоев, ЦТ–26 для тех случаев, когда нет требований к стойкости против МКК), КТ и ЭШ | | | | В закаленном состоянии при 170 НВ и $\sigma_v = 550$ Н/мм ² K _v = 0,6 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|--|--|----------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|--|
| 10X18H18Ю4Д (ЭП 841) | | Листы — ТУ 14-1-2075-77. Прутки — ТУ 14-1-2075-77. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-2075-77 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Al | Ce | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,07–0,13 | ≤ 0,80 | ≤ 0,80 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 18,0–19,5 | 18,0–19,5 | 0,40–0,60 | 3,20–4,20 | ≤ 0,03 | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ТУ 14-1-2075-77 | Закалка | 1080 | Воздух | Листы 4-11 ¹ | — | 500 | 40 | — | — | — | — | | | |
| | Закалка | 1130-1150 | Воздух | Прутки 40-120 ² | 340 | 600 | 28 | 35 | — | — | — | | | |
| ¹ Поперечные образцы. | | | | | | | | | | | | | | |
| ² Продольные образцы. | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Ролики щелевых печей, чехлы термопар, теплообменники и другие детали для длительной работы при температурах до 1100°С. | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь аустенитного класса. | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь выплавляется в открытых дуговых или индукционных печах. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | Жаростойкость | | | | | | | |
| t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | σ ₁₀₀ , Н/мм ² | Среда | t, °С | Увеличение массы, г/м ² | Глубина окисления, мм/год | База испытаний, ч | | | |
| 20 | 370 | 690 | 48 | 68 | 200 | — | Атмосфера спокойного воздуха | 950 | 8,7 | — | 100 | | | |
| 700 | 230 | 380 | 25 | 35 | 130 | 110 | | | 27 | — | 500 | | | |
| 800 | 190 | 200 | 53 | 68 | 140 | 40 | | | 48 | — | 1500 | | | |
| 900 | 100 | 110 | 73 | 77 | 110 | 12 | | 1000 | 19 | — | 100 | | | |
| 1000 | 50 | 60 | 77 | 74 | 120 | 8 | | | 45 | — | 500 | | | |
| 1100 | 25 | 30 | 94 | 56 | 60 | 7 | | | 100 | 100 | — | 1500 | | |
| | | | | | | | | | 135 | — | 2000 | | | |
| Прутки. Продольные образцы. Нагрев до 1150°С, воздух. | | | | | | | | 1100 | 55 | — | 100 | | | |
| | | | | | | | | | 120 | — | 500 | | | |
| | | | | | | | | | 270 | — | 1500 | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | | | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | | | | | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1180-900 | | | | | | На воздухе | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокочувствительность | | | | | | |
| Удовлетворительно свариваемая. Способ сварки: РАД. | | | В состоянии поставки при σ _b = 600 Н/мм ² K _v = 0,6 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | — | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|-------------------|----------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|-----|----|---|---|
| X18H22B2T2 (48АН-1) | | Поковки из слитков (масса до 6,5 т) — НД заводов-изготовителей. Лист толстый ($\delta = 30-120$ мм) — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % [2] | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | W | | | | | | |
| $\leq 0,10$ | $\leq 0,70$ | 1,00-1,60 | $\leq 0,020$ | $\leq 0,035$ | 17,0-20,0 | 21,0-24,0 | 1,15-1,65 | 1,30-2,20 | | | | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в*}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| [2] | ПС | | | Образцы | 20 350 | не менее | | | | | | — | — | |
| | | | | | | Образцы поперечные | | | | | | | | |
| | | | | | | 343 | 657 | 17 | 20 | 59 | — | | | — |
| | | | | | | 294 | — | — | — | — | — | | | — |
| Образцы продольные | | | | | | 343 | 657 | 21 | 25 | 69 | — | — | | |
| | | | | | | 294 | — | — | — | — | — | — | | |
| Назначение. Детали внутреннего устройства аппарата: переходные втулки патрубков, корпуса к трубопроводам, детали приводов реакторов и другие ответственные детали, работающие при температуре до 300°C под давлением. Сталь коррозионно-стойкая дисперсионно-твердеющая. | | | | | | | | | | | | | | |
| Чувствительности к охрупчиванию при старении | | | | Пределы длительной прочности [2] | | | | | | | | | | |
| К тепловой хрупкости сталь не склонна | | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | | | |
| Релаксационная стойкость [2] | | | | | 1·10 ³ | 3·10 ³ | 7·10 ³ | | | | | | | |
| t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время τ , ч | | | | | | | | | | | | |
| | | 1000 | | 350 | 148 | 148 | 148 | | | | | | | |
| 500 | 245-294 | 167 | | 500 | 137 | 127 | 148 | | | | | | | |
| 550 | | 147 | | 550 | 113 | 113 | 117 | | | | | | | |
| 600 | | 245 | | 600 | 98 | 88 | 69 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в*}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| [2, 8] | ПС | | | Образцы | 20 | 465 | 763 | 31 | 45 | 160 | — | — | | |
| | | | | | 100 | 471 | 732 | 27 | 47 | 154 | — | — | | |
| | | | | | 200 | 442 | 689 | 25 | 41 | 132 | — | — | | |
| | | | | | 300 | 431 | 682 | 24 | 33 | 115 | — | — | | |
| | | | | | 400 | 431 | 661 | 25 | 45 | 98 | — | — | | |
| | | | | | 500 | 415 | 626 | 25 | 48 | 111 | — | — | | |
| | | | | | 600 | 422 | 618 | 20 | 38 | 134 | — | — | | |
| | | | | | 700 | 429 | 500 | 16 | 23 | 132 | — | — | | |
| | | | | | 800 | 195 | 233 | 23 | 32 | 198 | — | — | | |
| | | | | | 900 | 125 | 137 | 26 | 33 | — | — | — | | |
| | | | | | 1000 | — | 85 | 42 | 45 | — | — | — | | |
| | | | | | 1100 | — | 50 | 66 | 64 | — | — | — | | |
| 1200 | 21 | 28 | 105 | 94 | — | — | — | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [2, 8] | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | | | |
| Общая | | — | | — | — | | — | | | | | | | |
| Точечная | | — | | — | — | | — | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | — | | — | — | | — | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | При 500°C и 5000 ч не склонна к МКК | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [2] | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1170-900 | Ковку рекомендуется производить малыми обжатиями. Опробована расковка слитков до 10 т. | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | Сталь имеет пониженную пластичность по сравнению со сталью типа 18-8. | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. | | | | | | | | | | | | | | |
| Способ сварки: РД электродами ЭА-902Л4 или ЭА-400/13. | | | | | | | | | | | | | | |
| Сварку с перлитными сталями производят через наплавку на кромки перлитной стали электродами ЭА-359/9 | | | | | | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------------------------------|---------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|----|
| 36X18H25C2 (4X18H25C2, ЭЯ 3С) | | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,32–0,40 | 2,00–3,00 | ≤ 1,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 17,0–19,0 | 23,0–26,0 | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1000–1150 | Воздух, масло, вода | До 60 ¹ | 345 | 640 | 25 | 40 | — | — | — |
| ¹ Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение δ на 1%, ψ на 5%; от 100 до 150 мм — δ на 3%, ψ на 10%. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Головки форсунок, детали печных конвейеров. Сталь пригодна для длительной работы в ненагруженном состоянии. | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаростойкая аустенитного класса. | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | | | |
| Окалиностойкая до 1000°С | | | | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | |
| | | | | Время, ч | | | | t, °С | | KCU, Дж/см ² | |
| | | | | Исходное состояние | | | | | | 29 | |
| | | | | 10000 | | | | 550 | | 60 | |
| | | | | 10000 | | | | 600 | | 54 | |
| 10000 | | | | 700 | | 39 | | | | | |
| 10000 | | | | 800 | | 20 | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °С | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | |
| Общая | | | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметрыковки, °С | | | | Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | |
| 1200–850 | | | | Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Рекомендуется последующая термообработка. | | | | В термообработанном состоянии при 164 HB и σ _b = 650 Н/мм ² K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 0,9 (быстрорежущая сталь) | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--|---------|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|--------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
| 31X19H9MBET (ЭИ 572) | | Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb | W | Ti | Al | Cu |
| 0,28–0,35 | ≤ 0,80 | 0,80–1,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 18,0–20,0 | 8,00–10,00 | 1,00–1,50 | 0,20–0,50 | 1,00–1,50 | 0,20–0,50 | — | ≤ 0,30 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------------------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|----------|
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | ККУ, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка Старение | 1140–1180 750–800, 15 ч | Вода Воздух | До 200 | 295 | 590 | 30 | 40 | — | — | — | |

В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают:

- а) с травленной поверхностью;
- б) с нормированной чистотой стали по волосовинам, выявленным потребителем на готовых деталях визуально;
- в) с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;
- г) с проверкой длительной прочности стали;
- д) с проверкой механических свойств при повышенных температурах;
- е) с нормированием содержания газов в стали;
- ж) с контролем на излом;
- з) с механическими свойствами, повышенными или в более узких пределах по сравнению с указанными в таблице;
- и) с контролем на загрязненность стали неметаллическими включениями;
- к) с проверкой величины зерна.

Примечание.

Нормы при испытаниях по подпунктам в, г, д, е, ж, з, и, к устанавливаются по согласованию потребителя с изготовителем.

| | | | | | | | |
|--|----------------------|------------------------|-------------------|------------|--|-------------------|--|
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , (неразрушающее напряжение) за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка Старение | 1150–1180 800, 15 ч | Вода Воздух | 600 650 | 235 167 | 216 147 | 108 78 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|---------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|----------|----|-------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | ККУ, Дж/см ² | HB | КП | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Аустенитизация Старение | 1140–1180 750–800, 15 ч | Вода Воздух | Не ограничено | Болты, шпильки, пробки, хомуты | | | | 314 | 588 | 30 | 40 | 59 | ≤ 187 | 315 |

Примечания.

- Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
- Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
- Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (HB) ниже твердости шпильки, болта.
- Предельная температура среды для болтов, шпилек, пробок, хомутов и гаек до 625°C при условном давлении P_y (Н/мм²) не ограниченном.

| | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|-----|------|------|------|-----------|
| Релаксационная стойкость | | | | | | | |
| t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время t, ч | | | | | HB |
| | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 4000 | |
| 560 | 200 | 155 | 147 | 144 | 139 | — | Свыше 207 |
| 560 | 200 ¹ | 183 | 177 | 173 | 169 | — | |
| 600 | 200 | 138 | 125 | 117 | — | 99 | |
| 600 | 250 | 160 | 135 | 123 | — | 96 | |
| 600 | 300 | 180 | 163 | 139 | — | 100 | |
| 650 | 200 | 110 | 90 | 82 | — | 65 | |
| 650 | 250 | 130 | 103 | 91 | — | 75 | |

¹ Повторное нагружение через 25 ч.

| 31X19H9MBBT (ЭИ 572) | | Механические свойства | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|---------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23304-78 | Аустенитизация | 1140-1180 | Вода | Не ограничено | 20 | 314-461 | 588 | 30 | 40 | 59 | 187 | 315 |
| | Старение | 750-800, 15 ч | Воздух | | | | | | | | | |

Примечания.

1. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , ψ , KCV соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%.
2. Режимы отпуска и старения являются рекомендуемыми и могут назначаться по согласованию с головной материаловедческой организацией. Режимы закалки, нормализации и аустенитизации могут уточняться по согласованию с головной материаловедческой организацией.
3. На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (фурорки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.
4. Для крепежных деталей групп качества 0, 0a и 1 производить дополнительно определение ударной вязкости KCV на образцах типа 11 по ГОСТ 9454-78.
5. В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин. Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более. Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3a контролируют детали диаметром резьбы M24 и более.
6. Рекомендуется для гаек и плоских подкладных шайб применять сталь с КП 315.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | НВ |
|----------|----------------------|-----------|--------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Закалка | 1050 | Вода | Прутки, образцы продольные | 350 | 680 | $\frac{25^1}{20}$ | $\frac{25^1}{20}$ | $\frac{70^1}{50}$ | — | — |
| | Старение | 750 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 1180 | Вода | До 150 | 340 | 700 | $\frac{35^1}{27}$ | $\frac{40^1}{30}$ | $\frac{60^1}{40}$ | — | 170-207 |
| | Старение | 800, 15 ч | Воздух или с печью | | | | | | | | |
| Закалка | 1150-1180 | Вода | 200-250 | 350 | 680 | $\frac{25^1}{20}$ | $\frac{25^1}{20}$ | $\frac{60^1}{50}$ | — | — | |
| Старение | 750, 12-15 ч | С печью | | | | | | | | | |

¹ Числитель – механические свойства образцов продольных; знаменатель – тангенциальных образцов.

Назначение. Лопатки, крепежные детали, роторы, диски и валы, работающие при температуре до 600-630°C.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь жаропрочная аустенитного класса.

Сталь может выплавляться с применением ВДП.

Сталь структурно не устойчива, образование σ -фазы приводит к резкому снижению ударной вязкости. Образование σ -фазы отмечается при 600°C за 10000-20000 ч, при 650°C — за 6000-10000 ч, при 700°C — за 1000-6000 ч и при 750-800°C — за 500-1000 ч.

Механические свойства стали при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | НВ |
|----------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|---------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 1150-1180 | Вода | Пруток | 20 | 315-420 | 725-860 | 32-50 | 25-58 | 39-127 | — |
| | | | | | 300 | 315 | 690 | 32 | 46 | 147 | — |
| | | | | | 400 | 305 | 660 | 28 | 43 | 137 | — |
| | | | | | 500 | 275 | 620 | 26 | 45 | 142 | — |
| | | | | | 600 | 255 | 580 | 26 | 46 | 93 | — |
| | | | | | 700 | 245 | 410 | 21 | 40 | 98 | — |
| | | | | | 800 | 195 | 235 | 29 | 64 | — | — |
| | Старение | 700, 50 ч | Воздух | Диск | 20 | 340-570 | 600-840 | 9-34 | 10-42 | 20-83 | — |
| | | | | | 300 | 285-390 | 560-580 | 12-23 | 19-34 | 29 | — |
| | | | | | 450 | 265-380 | 520-580 | 12-23 | 16-34 | 34 | — |
| | | | | | 500 | 255-400 | 520-580 | 12-24 | 16-38 | 29-98 | — |
| | | | | | 550 | 235-330 | 490-520 | 13-24 | 16-34 | 39 | — |
| | | | | | 600 | 235-330 | 490-510 | 15-21 | 16-39 | 39-108 | — |
| | | | | | 650 | 245-320 | 410-470 | 12-23 | 16-41 | 39-169 | — |
| 700 | 235-255 | 340-420 | 17-29 | 25-53 | 39-127 | — | | | | | |
| Закалка | 1150-1180 | Вода | Диск | 20 | 320-390 | 730-820 | 31-44 | 40-49 | 93 | — | |
| | | | | 600 | 245 | 480 | 20 | 46 | 108 | — | |
| | | | | 650 | 235 | 430 | 24 | 55 | 108 | — | |
| Старение | 800, 15 ч | Воздух | Диск | 20 | 320-390 | 730-820 | 31-44 | 40-49 | 93 | — | |
| | | | | 600 | 245 | 480 | 20 | 46 | 108 | — | |
| | | | | 650 | 235 | 430 | 24 | 55 | 108 | — | |

31X19H9MBET (ЭИ 572)

Механические свойства стали при 20°C в зависимости от тепловой выдержки

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Тепловая выдержка | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|--------|----------------------|------------------------|-------------------|---------------|-------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | |
| | | | | | | | Образцы радиальные | | | | | |
| [4, 5] | Закалка Старение | 1150–1180 750, 15 ч | Вода Воздух | Диск ø 900 | 600 | 6000 | 370 | 790 | 32 | 44 | 60 | — |
| | | | | | 600 | 20000 | 410 | 830 | 27 | 35 | 40 | — |
| | 600 | 60000 | 410 | | 860 | 19 | 19 | 24 | — | | | |
| | 650 | 6000 | 330 | | 610 | 28 | 33 | 38 | — | | | |
| | 650 | 30000 | 430 | | 860 | 17 | 17 | 14 | — | | | |
| | 700 | 1000 | 370 | | 790 | 20 | 36 | 46 | — | | | |
| | 700 | 6000 | 330 | | 810 | 16 | — | 12 | — | | | |
| | 750 | 6000 | 310 | | 660 | — | — | 12 | — | | | |
| | 750 | 20000 | 320 | | 470 | — | — | 6 | — | | | |
| | 750 | 40000 | 350 | | 530 | — | — | 5 | — | | | |
| | 750 | 60000 | 370 | | 430 | 3 | 14 | 6 | — | | | |
| | 800 | 1000 | 350 | | 780 | 23 | 26 | 22 | — | | | |
| | 800 | 6000 | 610 | | 340 | — | — | 12 | — | | | |
| | Закалка | 1150 | Вода | | Пруток | 650 | 10000 | 450 | 950 | 22 | 48 | 80 |

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|--------|----------------------|---------------------------|-------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [3, 6] | Закалка Старение | 1150–1180 750, 12–15 ч | Вода Воздух | 560 | 240 | 170 | 300 | 260 |
| | | | | 600 | 150 | 110 | 230 | 200 |
| | | | | 650 | — | 80 | 180 | 150 |
| | | | | 700 | — | 40 | 100 | 60 |
| | | | | 700 | — | — | — | — |

Механические свойства при различных температурах после длительного старения (образцы продольные)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-----------|-------------------|-------------|----------------|------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| [5] | Нагрев Закалка | 1150–1180 | Вода | Пруток | 800 | 15 | 20 | 330 | 750 | 31 | 40 | 95 | — |
| | | | | | 800 | 15 | 560 | 210 | 500 | 26 | 40 | 100 | — |
| | | | | | 800 | 15 | 600 | 250 | 490 | 20 | 46 | 110 | — |
| | | | | | 800 | 15 | 650 | 240 | 440 | 24 | 55 | 110 | — |
| | Нагрев Закалка | 1150–1180 | Вода | | 700 | 50 | 20 | 320 | 740 | 32 | 25 | 40 | — |
| | | | | | 700 | 50 | 300 | 320 | 700 | 32 | 46 | 150 | — |
| | | | | | 700 | 50 | 400 | 310 | 670 | 28 | 43 | 140 | — |
| | | | | | 700 | 50 | 500 | 280 | 630 | 26 | 45 | 140 | — |
| | | | | | 700 | 50 | 600 | 260 | 590 | 26 | 46 | 100 | — |
| | | | | | 700 | 50 | 650 | 190 | 460 | 15 | 40 | 50 | — |
| | | | | | 700 | 50 | 700 | 250 | 420 | 21 | 40 | 100 | — |
| | | | | | 700 | 50 | 750 | 220 | 320 | 25 | 52 | — | — |
| | | | | | 700 | 50 | 800 | 200 | 240 | 29 | 64 | — | — |

Механические свойства при различных температурах после длительного старения

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-----------|-------------------|-------------|----------------|------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | | |
| | | | | | | | Образцы тангенциальные | | | | | | |
| [5] | Нагрев Закалка | 1150–1180 | Вода | Диск | 750 | 12–15 | 20 | 350 | 610 | 9 | 10 | 20 | 207 |
| | | | | | 750 | 12–15 | 300 | 290 | 570 | 12 | 19 | 30 | — |
| | | | | | 750 | 12–15 | 450 | 270 | 530 | 12 | 16 | 35 | — |
| | | | | | 750 | 12–15 | 500 | 260 | 530 | 12 | 16 | 30 | — |
| | | | | | 750 | 12–15 | 550 | 240 | 500 | 13 | 16 | 40 | — |
| | | | | | 750 | 12–15 | 600 | 250 | 500 | 15 | 16 | 40 | — |
| | | | | | 750 | 12–15 | 650 | 250 | 420 | 12 | 16 | 40 | — |
| | | | | | 750 | 12–15 | 700 | 240 | 350 | 17 | 25 | 40 | — |

Состав стали: 0,32–0,38% С; 1,30–1,49% W; 18,65–19,80% Cr; 9,35–10,89% Ni; 1,28–1,38% Mo; 0,33–0,34% Nb; 0,25–0,29% Ti.

| [5] | Нагрев Закалка | 1150–1180 | Вода | Диск | Образцы радиальные | | | | | | | | |
|-----|-------------------|-----------|------|------|--------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------------|
| | | | | | t, °C | τ , ч | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | | | | | | | | | | | | | Образцы осевые |
| | | | | | 750 | 12–15 | 20 | 360 | 720 | 12 | 10 | 55 | 217 |
| | | | | | 750 | 12–15 | 600 | 250 | 450 | 16 | 28 | 90 | — |
| | | | | | 750 | 12–15 | 20 | 340 | 560 | 6 | 10 | 250 | 217 |

Состав стали: 0,33% С; 1,49% W; 18,65% Cr; 9,50% Ni; 1,32% Mo; 0,33% Nb; 0,25% Ti.

| 31X19H9MBBT (ЭИ 572) | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|---|---|------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------|----------------------------|-------------------------|----------|
| Механические свойства стали при температуре 20°C после испытания на ползучесть | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Ползучесть | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | σ , Н/мм ² | τ , ч | | | | | | | не менее |
| [5] | Закалка | 1150–1180 | Вода | Исходное состояние | | | 360 | 810 | 38 | 47 | 105 | — | |
| | Старение | 800, 15 ч | | 650 | 90 | 2100 | 387 | 810 | 36 | 45 | 97 | — | |
| | Закалка | 1150–1180 | Вода | Исходное состояние | | | 350 | 610 | 9 | 10 | — | — | |
| | Старение | 750, 12–15 ч | | 600 | 90–170 | 2000–3000 | 340 | 670 | 9 | 10 | 27 | — | |
| | | | | 650 | 80–140 | 3000 | 320 | 630 | 10 | 10 | 20 | — | |
| | Закалка | 1150–1180 | Вода | Исходное состояние | | | 430 | 880 | 40 | 45 | 130 | — | |
| | Старение | 700, 50 ч | | 560 | 180–240 | 2000 | 390 | 850 | 38 | 48 | 85 | — | |
| | | | | 650 | 90–170 | 2000 | 380 | 820 | 38 | 47 | 90 | — | |
| | Закалка | 1150 | Вода | Исходное состояние | | | 418 | 871 | 38 | 42 | 83 | — | |
| | Старение | 700, 24 ч | | 600 | 150 | 2380 | 548 | 975 | 30 | 32 | 60 | — | |
| | Закалка | 1150 | Вода | Исходное состояние | | | 400 | 830 | 29 | 40 | 100 | — | |
| | Старение | 750, 24 ч | | 600 | 90 | 2240 | 440 | 887 | 30 | 32 | 50 | — | |
| | Закалка | 1150 | Вода | Исходное состояние | | | 340 | 800 | 39 | 42 | 110 | — | |
| | Старение | 750, 12 ч | | 600 | 90 | 2340 | 405 | 825 | 36 | 41 | 93 | — | |
| Старение | 800, 15 ч | | | | | | | | | | | | |
| Ударная вязкость приведена для цилиндрического образца с круговым надрезом радиусом 1 мм. | | | | | | | | | | | | | |
| Относительное удлинение образцов после длительных испытаний [5] | | | | | | | | | | | | | |
| t, °C | | | | τ , ч | | | | δ , % | | | | | |
| 560 | | | | 3500 | | | | 25 | | | | | |
| 600 | | | | 10000 | | | | 5 | | | | | |
| 650 | | | | 5000 | | | | 5 | | | | | |
| 700 | | | | 4000 | | | | 3 | | | | | |
| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_τ , Н/мм ² , за время τ , ч | | | | | | | | | НВ | |
| | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 4000 | 5000 | 10000 | 15000 | 20000 | | |
| [3, 6] | 560 | 200 | 150 | 147 | 144 | 139 | — | 134 | 129 | 124 | 122 | — | |
| | 600 | 200 | 138 | 125 | 117 | — | 99 | — | — | — | — | | |
| | 600 | 250 | 160 | 135 | 123 | — | 96 | — | — | — | — | | |
| | 600 | 300 | 180 | 163 | 139 | — | 100 | — | — | — | — | | |
| | 650 | 200 | 110 | 90 | 80 | — | 65 | — | — | — | — | | |
| | 650 | 250 | 130 | 100 | 90 | — | 75 | — | — | — | — | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч [2] | | | | Жаростойкость [4, 6] | | | | | | | | | |
| > 1,0 | | | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | | Глубина коррозии, мм/год | | Группа или балл стойкости | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [2] | | | | 75% N ₂ +17,5% O ₂ + +4% CO ₂ +0,5% SO ₂ | | | | | | | | | |
| Время, ч | | t, °C | | | | | | | | | | КСУ, Дж/см ² | |
| Исходное состояние | | 49–78 | | | | | | | | | | | |
| 6000 | | 600 | | | | | | | | | | 24–27 | |
| 30000 | | 550 | | | | | | | | | | 19 | |
| 60000 | | 750 | | | | | | | | | | 6 | |
| 30000 | | 800 | | 7 | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 6] | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1230–900 | До 300 | | На воздухе | | До 300 | | На воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1230–900 | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Для снятия сварочных напряжений рекомендуется термообработка | | | | | | В термообработанном состоянии при 175 НВ и $\sigma_b = 600$ Н/мм ² K _v = 0,6 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|---|-------------------|---------------------------|------------------------------------|---|--------------|--------------------|-------------------------|-----|----|
| 12Х20Н14С2 | | Трубная заготовка — ТУ 14-1-783-73, ТУ 14-1-790-73. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-790-73 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | | | | | |
| ≤ 0,12 | 2,20–3,00 | ≤ 1,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 18,0–20,0 | 13,5–15,5 | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | |
| 1. Допускается отклонение по никелю — плюс 0,5%. | | | | | | | | | | | |
| 2. Массовая доля остаточной меди в металле должна быть ≤ 0,30%. | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-790-73 | В термически обработанном состоянии | | | ø 75–230 | 215 | 540 | 35 | — | — | — | — |
| Примечания. | | | | | | | | | | | |
| 1. Механические свойства заготовки определяют на термически обработанных образцах ø или □ 20–25 мм. | | | | | | | | | | | |
| 2. Режим термообработки проводят по режиму завода-изготовителя и указывают в документе о качестве. | | | | | | | | | | | |
| 3. Трубную заготовку поставляют в состоянии или проката иликовки, без термообработки. | | | | | | | | | | | |
| 4. Трубную заготовку изготовляют диаметром 75–230 мм. Размеры трубной заготовки диаметром 75–180 мм должны соответствовать: горячекатаной — ГОСТ 2590–88, кованой — ГОСТ 1133–71. Предельные отклонения по диаметру горячекатаной и кованой заготовки — по ГОСТ 2590–88. | | | | | | | | | | | |
| Размеры и предельные отклонения горячекатаной заготовки диаметром свыше 180 мм устанавливают согласованной спецификацией. | | | | | | | | | | | |
| Методы испытаний | | | | | | | | | | | |
| 1. Отбор проб для контроля химического состава производится в соответствии с ГОСТ 7565–81. | | | | | | | | | | | |
| Химический анализ производят по ГОСТ 12344–2003, ГОСТ 12345–2001, ГОСТ 12346–78, ГОСТ 12347–77, ГОСТ 12348–78, ГОСТ 12350–78, ГОСТ 12352–81, ГОСТ 12355–78, ГОСТ 28473–90 или иными методами, обеспечивающими точность определения, требуемую стандартами. | | | | | | | | | | | |
| 2. Контроль неметаллических включений производят в соответствии с ГОСТ 1778–70 по методу Ш6. | | | | | | | | | | | |
| 3. Контроль и оценку макроструктуры производят в поставляемом профиле в соответствии с ГОСТ 10243–75. Разрешается производить контроль макроструктуры другими способами, включая неразрушающие, гарантирующими требования, предъявляемые к макроструктуре. Арбитражной является оценка по ГОСТ 10243–75. | | | | | | | | | | | |
| 4. Отбор проб для механических испытаний производят в соответствии с ГОСТ 7564–97 от заготовки поставляемого профиля. | | | | | | | | | | | |
| 5. Форма, размер образцов и методика испытаний на растяжение при комнатной температуре по ГОСТ 1497–84, при повышенной температуре по ГОСТ 9651–84. | | | | | | | | | | | |
| 6. Ультразвуковой контроль трубной заготовки на внутренние дефекты производят по ГОСТ 21120–75. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Заготовки трубные для электрополированных труб АЭС. | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаростойкая аустенитно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость [1] | | | | | | | | | | | |
| Среда | | t, °C | | Скорость коррозии, мм/год | | База испытаний, ч | | | | | |
| Начало интенсивного окисления в воздушной среде при температуре 1000°C | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 4] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1170–850 | До 350 | | На воздухе | | До 350 | | На воздухе | | | |
| Заготовка | 1170–850 | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обработываемость резанием | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | | | | В нормализованном состоянии при $\sigma_{в} = 500$ Н/мм ² $K_{v} = 0,72$ (твердый сплав) | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---|-------------------------|-----|----|
| 20X20H14C2 (X20H14C2, ЭИ 211) | | Поковки — ГОСТ 1133–71. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Cu | Fe | | | |
| ≤ 0,20 | 2,00–3,00 | ≤ 1,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,035 | 19,0–22,0 | 12,0–15,0 | ≤ 0,20 | ≤ 0,30 | основа | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 1000–1080 | Воздух или вода | г/к 1,5–3,9 х/к 0,7–3,9 | Образцы поперечные | | | | | | | |
| | | | | | — | 590 | 40 | — | — | — | — | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1000–1150 | Воздух или вода | До 60 ¹ | 295 | 590 | 35 | 55 | — | — | — | |
| ¹ Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение δ на 1 абс. %, ψ на 5 абс. %; от 100 до 150 мм — δ на 3 абс. %, ψ на 10 абс. %. | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Для изготовления слабонагруженных деталей АЭС, а также деталей печных конвейеров, камер сгорания, форсунок, подвесок котлов, ящиков для цементации, печной арматуры с рабочей температурой до 950°C. Сталь жаростойкая аустенитно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства в зависимости от температуры испытаний | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [2] | Закалка | 1150 | Вода | 100 | 20 | 350–400 | 640 | 53 | 73 | — | — | — |
| | | | | | 100 | 110 | 310 | 36 | 34 | — | — | — |
| | | | | | 750 | 110 | 270 | 35 | 34 | — | — | — |
| | | | | | 800 | 100 | 230 | 42 | 41 | — | — | — |
| | | | | | 850 | 70 | 160 | 58 | 47 | — | — | — |
| | | | | | 900 | 40 | 110 | 74 | 58 | — | — | — |
| | | | | | 950 | 30 | 90 | 75 | 55 | — | — | — |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 1100 | Вода | — | 20 | 390 | 630 | 33 | 43 | — | — | — |
| | | | | | 700 | 110 | 300 | 36 | 44 | — | — | — |
| | | | | | 750 | 110 | 265 | 39 | 49 | — | — | — |
| | | | | | 800 | 98 | 225 | 41 | 55 | — | — | — |
| | | | | | 900 | 39 | 110 | 49 | 60 | — | — | — |
| Пределы ползучести | | | | Жаростойкость [1, 27] | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | Среда | t, °C | Время, ч | Увеличение массы | | | | | |
| | | 1/10 ⁴ | | | | | г/м ² | г/(м ² ·ч) | | | | |
| [1, 4] | 875 | 9,8 | | Спокойный воздух, испытание в тиглях | 1050 | 300 | 23,6 | 0,08 | | | | |
| | 1000 | 1,4 | | | | | | | Начало интенсивного окалинообразования в воздушной среде при температуре 1000°C | | | |
| Технологические характеристики [1, 4] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1170–850 | До 350 | На воздухе | | До 350 | На воздухе | | | | | | |
| Заготовка | 1170–850 | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | | | В нормализованном состоянии при $\sigma_B = 500$ Н/мм ² $K_v = 0,72$ (твердый сплав) | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---|----------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|---------|---|
| 08X21H6M2T (0X21H6M2T, ЭП 54) | | Сортовой прокат — ГОСТ 5949-75. Поковки — ГОСТ 25054-81. Лист толстый — ГОСТ 7350-77, ТУ 14-1-894-74. Лист тонкий — ГОСТ 5582-75. Трубы — ГОСТ 11068-81, ТУ 14-3-59-72. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72 | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | | | | |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,80 | ≤ 0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,035 | 20,0-22,0 | 5,50-6,50 | 1,80-2,50 | 0,20-0,40 | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582-75 | Закалка | 1000-1080 | Воздух или вода | 0,7-3,9 | — | 590 | 22 | — | — | — | — | |
| ГОСТ 5949-75 | Закалка | 950-1050 | Воздух | До 60 ¹ | 345 | 590 | 25 | 45 | — | — | — | |
| ГОСТ 7350-77 | Закалка | 1050 | Вода | 4-25 ² | 345 | 590 | 20 | — | 59 | — | — | |
| ГОСТ 11068-81 | В состоянии поставки | | | ø 8-102 s 1,0-4,0 | По согласованию | | | | | — | — | |
| ГОСТ 25054-81 | Закалка | 1000-1050 | Вода | До 200 | 343 | 539 | 22 | 40 | 78 | — | 140-200 | |
| Свыше 200-500 | | | | 343 | 539 | 18 | 37 | 59 | — | 140-200 | | |
| Свыше 500-1000 | | | | 343 | 539 | 18 | 35 | 39 | — | 140-200 | | |
| ТУ 14-1-894-74 | Закалка | 1050 | Вода | 5-20 | 350 | 600 | 20 | — | — | — | — | |
| ТУ 14-3-59-72 | Закалка | 1050 | Вода | ø ≤ 108 | — | — | 20 | — | — | — | — | |
| ¹ Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается понижение δ на 1%, ψ на 5%; от 100 до 150 мм — δ на 3%, ψ на 10%. | | | | | | | | | | | | |
| ² Для листов толщиной свыше 25 мм механические свойства не нормируются, определение обязательно. | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Ректификационные колонны, экстракционные, насадочные, продувные емкости, хранилища, баки, сборники и другое оборудование, работающее в окислительно-восстановительных средах, например, при органическом синтезе, серно-кислотном производстве, в целлюлозно-бумажной промышленности. | | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая аустенитно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [15] | Закалка | 1050 | Вода | Лист | -196 | 780 | 1600 | 31 | — | — | — | |
| | | | | | 6 | -100 | 620 | 1200 | 32 | — | — | — |
| | | | | | -50 | 550 | 1100 | 32 | — | — | — | |
| | | | | | 0 | 420 | 800 | 40 | — | — | — | |
| | | | | | 20 | 440 | 720 | 50 | — | — | — | |
| | | | | | 100 | 380 | 640 | 39 | — | — | — | |
| | | | | | 200 | 330 | 570 | 34 | — | — | — | |
| | | | | | 300 | 300 | 540 | 34 | — | — | — | |
| | | | | | 400 | 300 | 530 | 32 | — | — | — | |
| | | | | | 500 | 200 | 480 | 32 | — | — | — | |
| 600 | 200 | 300 | 30 | — | — | — | | | | | | |

| 08X21H6M2T (0X21H6M2T, ЭП 54) | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|-------------------|---------------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|-------|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | n, об |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [15] | Закалка | 1050 | Вода | Образцы продольные | 800 | — | 150 | 48 | — | — | — |
| | | | | | 900 | — | 100 | 63 | — | — | — |
| | | | | | 1000 | — | 60 | 65 | — | — | 4 |
| | | | | | 1050 | — | — | — | — | — | 6 |
| | | | | | 1100 | — | 40 | 85 | — | — | 9 |
| | | | | | 1150 | — | — | — | — | — | 13 |
| | | | | | 1200 | — | 25 | 130 | — | — | 20 |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | Вода, содержащая 50 мг/кг Cl^- , 0,3–6,0 мг/кг O_2 | | 300 | 3000 | 1 | | | | | |
| | | Лимонная кислота 50% | | 100 | — | 1 | | | | | |
| | | Уксусная кислота 0–98% | | кипение | — | 1 | | | | | |
| | | Муравьиная кислота 20% | | кипение | — | 1 | | | | | |
| | | Фосфорная кислота 10–65% | | 100 | — | 1 | | | | | |
| | | Концентрированная серная кислота | | 20–70 | — | 1 | | | | | |
| Точечная | | — | | — | — | — | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Вода, содержащая 1 г/кг Cl^- , 50 мг/кг O_2 | | 350 | Разрушение через 1500–2000 ч | Напряжение выше предела текучести | | | | | |
| | | 42% $MgCl_2$ | | 154 | Разрушение через 10–25 ч | Напряжение выше предела текучести | | | | | |
| Межкристаллитная | | Сталь не склонна к МКК в закаленном состоянии. После нагрева при температуре 500°C может приобрести склонность к МКК | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1150–850 | — | | На воздухе | | — | | — | | | |
| Заготовка | — | — | | — | | — | | — | | | |
| Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ | | | | | В термически обработанном состоянии при $\sigma_n \leq 700$ Н/мм ² $K_v = 0,8$ (твердый сплав), $K_v = 0,4$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|-------------------|---|---|------------------------------------|-----------|-----------------|-------------------------|--|-----------------|-------------------------|-----------------|---|--|
| 02X22H5AM3 | | Лента холоднокатаная резаная из коррозионно-стойкой стали в рулонах — ТУ 14-130-308-2001. Трубы стальные электросварные из коррозионно-стойкой стали — ТУ 1371-009-05757850-01. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-130-308-2001 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| ≤ 0,025 | 0,40–0,70 | ≤ 2,00 | ≤ 0,005 | ≤ 0,040 | 22,00–22,54 | 5,10–5,40 | 3,10–3,34 | 0,10–0,20 | — | — | — | — | — | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HV | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ТУ 14-130-308-2001 | Аустенитизация | 1000–1100 | Водород | Образцы | 450 | 600 | 35 | — | — | — | — | — | 260 | | |
| ТУ 1371-009-05757850-01 | Аустенитизация | 1000–1050 | Аргон, вода | ∅ 28×0,7 | 460 | 660 | 30 | — | — | — | — | — | 260 | | |
| Назначение. Для изготовления сварных труб и теплообменного оборудования. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая аустенитно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 50 | – 80 | | | | | |
| — | — | — | | | 270 | 250 | 200 | — | 150 | — | Толщина > 10 мм | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч | | | | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | | | | | | | |
| — | — | — | — | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | | | | | |
| | | | | Время, ч | | | | | t, °С | | | KCU, Дж/см ² | | | |
| | | | | Исходное состояние | | | | | | | | | | — | |
| | | | | — | | | | | — | | | — | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | | Среда | | | | t, °С | Длительность, ч | | | Балл стойкости | | | | |
| Общая | | | | | | | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметры ковки, °С | | | | Свариваемость | | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | |
| 1200–900 | | | | Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД и РАД. | | | | | | В состоянии аустенитизации при σ _b = 660 Н/мм ² K _v = 0,66 (твердый сплав), K _v = 0,37 (быстрорежущая сталь) | | | | | |

| | |
|--------------------------------------|--|
| Марка стали | Вид поставки |
| 08X22H6T (0X22H5T, ЭП 53) | Лист тонкий — ГОСТ 5582–75. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Трубы — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81, ГОСТ 11068–81. Поковки — ГОСТ 25054–81. Прутки — ТУ 14–1–748–73. Трубная заготовка — ТУ 14–1–565–84. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|---------|--------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,80 | ≤ 0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,035 | 21,0–23,0 | 5,3–6,3 | 5 × C – 0,65 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
|---------------|--|-----------|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 950–1050 | Вода или воздух | 0,7–3,9 | — | 640 | 20 | — | — | — | — | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 950–1050 | Воздух или вода | До 60 ¹ | 345 | 590 | 20 | 45 | — | — | — | | | | | |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 1000–1050 | Вода | 4–50 | 345 | 590 | 18 | — | 59 | — | — | | | | | |
| ГОСТ 9940–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ø 57–108 s 3,5–20 | — | 588 | 24 | — | — | — | — | | | | | |
| ГОСТ 9941–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ø 5–273 s 0,2–22 | — | 588 | 20 | — | — | — | — | | | | | |
| ГОСТ 11068–81 | В состоянии поставки | | | ø 8–102 s 1,0–4,0 | По согласованию | | | | | — | — | | | | | |
| ГОСТ 25054–81 | Закалка | 1000–1050 | Вода | До 200 | 343 | 539 | 20 | 40 | 78 | — | 140–200 | | | | | |
| | | | | Свыше 200 до 500 | 343 | 539 | 19 | 37 | 59 | — | 140–200 | | | | | |
| | | | | Свыше 500 до 1000 | 343 | 539 | 18 | 35 | 39 | — | 140–200 | | | | | |

¹ Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение δ на 1%, ψ на 5%; от 100 до 150 мм — δ на 3%, ψ на 10%.

Назначение. Сварные аппараты и сосуды для химического машиностроения; в том числе емкостей, испарителей, теплообменников, трубопроводов и арматуры, камеры горения и другие конструктивные элементы газовых турбин, корпуса аппаратов, днища, фланцы, детали внутренних устройств аппаратов, трубные доски и пучки, работающие при температуре от минус 70 до плюс 300°C и соприкасающиеся с коррозионными средами.

Сталь коррозионно-стойкая аустенитно-ферритного класса.

Рекомендуется как заменитель никельсодержащих марок стали (X18H10T и др.).

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C [4] | | | | | Термообработка | |
|--|-------------|----------------|---|---|--------|-------|-------|----------------|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | – 80 |
| — | — | — | 131 | — | 22–120 | 9–116 | 5–136 | — | Лист сечением 8 мм. Нормализация при 980°C, выдержка 0,5 ч |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | | | | | |
|-----|----------------------|----------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|-------------------------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 980–1020 | Вода | Образцы | 20 | 370 | 960 | 22 | 51 | — | — | | | | | |
| | | | | | 200 | 295–350 | 540–590 | 30–35 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 300 | 245–395 | 490–550 | 30–35 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 500 | 235–295 | 410–440 | 30–35 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 600 | 175–215 | 295–340 | 35–38 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 700 | — | 175–195 | 40–45 | — | — | — | | | | | |
| | | | | | 800 | — | 110–140 | 62–68 | 72–75 | — | — | | | | | |
| | | | | | 900 | — | 69–78 | 60–75 | 65–80 | — | — | | | | | |
| | | | | | 1000 | — | 29–49 | 66–100 | 82–88 | — | — | | | | | |
| | | | | | 1100 | — | 20–29 | 110–118 | 75–88 | — | — | | | | | |

| 08X22H6T (0X22H5T, ЭП 53) | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|--|--------------------|--------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|----|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [15] | Закалка | 1050 | Вода | Образцы | -196 | 710 | 1450 | 30 | — | 15 | — | |
| | | | | | -100 | 510 | 980 | 30 | — | 20 | — | |
| | | | | | 0 | 430 | 750 | 37 | — | 24 | — | |
| | | | | | 20 | 410 | 680 | 40 | — | 25 | — | |
| | | | | | 100 | 350 | 550 | 38 | — | 25 | — | |
| | | | | | 200 | 300 | 510 | 33 | — | 30 | — | |
| | | | | | 300 | 300 | 500 | 30 | — | 30 | — | |
| | | | | | 400 | 300 | 500 | 30 | — | 30 | — | |
| | | | | | 500 | 450 | 30 | — | 30 | — | | |
| | | | | | 600 | 180 | 300 | 35 | — | — | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | п, об | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [15] | Закалка | 1050 | Вода | Образцы продольные | 800 | — | 120 | 62 | — | — | — | |
| | | | | | 900 | — | 60 | 80 | — | — | — | |
| | | | | | 1000 | — | 30 | 123 | — | 8 | | |
| | | | | | 1100 | — | 20 | 130 | — | 10 | | |
| | | | | | 1200 | — | 10 | 135 | — | 20 | | |
| Механические свойства стали при 20°C в зависимости от тепловой выдержки | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Тепловая выдержка | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | |
| [4, 5] | Закалка | 1100, 0,5 ч | | Образцы | Без выдержки | | 460 | 620 | 46 | 65 | 28–30 | — |
| | | | | | 300 | 1000 | 490 | 650 | 41 | 70 | 19–20 | — |
| | | | | | 300 | 4466 | 520 | 710 | 44 | 73 | 10 | — |
| | | | | | 350 | 1000 | 540 | 650 | 39 | 74 | 8–9 | — |
| | | | | | 400 | 1000 | 470 | 920 | 21 | 29 | 3–5 | — |
| | | | | | 400 | 4352 | 880 | 1040 | 11 | 9 | 1–3 | — |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | | |
| Общая | | Вода | | 300 | 1500 | 1 | | | | | | |
| | | 65% HNO ₃ | | До 85 | — | 1 | | | | | | |
| | | 93% H ₂ SO ₄ | | До 70 | — | 1 | | | | | | |
| | | 50% KOH | | До 120 | — | 1 | | | | | | |
| Точечная | | — | | — | — | — | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Вода, содержащая 1 г/кг Cl ⁻ , 50 мг/кг O ₂ | | 350 | Разрушение через 1500 ч | Напряжение выше предела текучести | | | | | | |
| | | 42% MgCl ₂ | | 154 | Разрушение через 10–25 ч | Напряжение выше предела текучести | | | | | | |
| Межкристаллитная | | Сталь не склонна к МКК в закаленном состоянии. После нагрева в интервале температур 600–650°C может приобрести склонность к МКК | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1200–800 | До 300 | | Воздух | | До 300 | | Воздух | | | | |
| Заготовка | 1150–850 | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД (электроды 08X25H5TMФ/Н-48), РАД | | | В термообработанном состоянии при $\sigma_b \leq 700$ Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,4 (быстрорежущая сталь) | | | | — | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпусковой хрупкости Склонна при нагреве 350–750°C в ферритной составляющей стали протекают процессы, связанные с 475-градусной хрупкостью (350–500°C), выделением σ -фазы (500–750°C), поднимают вязкость и пластичность | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|---------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| X2310ST | | Проволока — ГОСТ 12766.1-90. Лента — ГОСТ 12766.2-90. Калиброванный пруток — ГОСТ 12766.3-90. Сортовой прокат — ГОСТ 12766.4-90. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 10994-74 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Al | Ce | Ca | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| ≤ 0,05 | ≤ 0,50 | ≤ 0,30 | ≤ 0,015 | ≤ 0,030 | 22,0-24,0 | ≤ 0,60 | 0,20-0,50 | 5,00-5,80 | ≤ 0,10 | ≤ 0,10 | — | — | — | — | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ ₂₀₀ , % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | t испытания, °С | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 12766.1-90 | Мягкое термически обработанное состояние | | | φ 0,3-7,5 | — | ≤ 760 | 10 | — | — | 20 | — | | | | |
| ГОСТ 12766.2-90 | В состоянии поставки | | | Толщина 0,2-3,2 Ширина 6-80 | — | ≤ 765 | 12 ¹ | — | — | 20 | — | | | | |
| ГОСТ 12766.3-90 | Мягкое термически обработанное состояние | | | φ 7-10 | — | — | 12 | — | — | 20 | — | | | | |
| ГОСТ 12766.4-90 | Мягкое термически обработанное состояние | | | φ 8-12 | — | — | 12 ² | — | — | 20 | — | | | | |
| ДЦ | Нагрев | 760 (30 мин) | Вода | φ 0,3-7,5 | 540 | 650 | 23 | 72 | — | 20 | — | | | | |
| | | | | | 431 | 608 | 16 | 53 | — | 400 | — | | | | |
| | | | | | 352 | 372 | 30 | 79 | — | 600 | — | | | | |
| | | | | | — | 117 | 58 | 94 | — | 800 | — | | | | |
| | | | | | — | 17 | 122 | 96 | — | 1000 | — | | | | |
| — | 9 | — | — | — | — | 1200 | — | | | | | | | | |
| ¹ δ ₅ . | | | | | | | | | | | | | | | |
| ² δ ₁₀₀ . | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Нагревательные элементы с предельной рабочей температурой 1350°С в промышленных и лабораторных печах, а также для бытовых приборов и электрических аппаратов теплового действия. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Нормируемые свойства стали | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Вид продукции | Размер, мм | t испытания, °С | Живучесть, ч | | | | | | | | | | | |
| | | | | не менее | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.1-90 | Проволока | φ 0,3-7,5 | 1300 | 70 | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.2-90 | Лента | Толщина 0,2-3,2. Ширина 6-80 | 1300 | 70 | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.3-90 | Моток | φ 7,0-10,0 | 1300 | 70 | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.4-90 | Моток | φ 8-12 | 1300 | 70 | | | | | | | | | | | |
| | Пруток | φ 8-12 | По требованию потребителя | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаростойкая в окислительной атмосфере, содержащей серу и сернистые соединения, углеродсодержащей, в водороде, вакууме, работает в контакте с высокоглиноземистой керамикой, не склонна к язвенной коррозии, склонна к провисанию при высоких температурах, не выдерживает резких динамических нагрузок. | | | | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | | | | | |
| | | | | Время, ч | | t, °С | | KCU, Дж/см ² | | | | | | | |
| | | | | Исходное состояние | | | | — | | | | | | | |
| | | | | — | | — | | — | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметры ковки, °С | | | | Свариваемость | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| 1150-1000 | | | | Трудно свариваемая. Способ сварки: РАД. | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|-------------------------|------------------------------------|--|--|--------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|-----------|--|
| 20X23H13 (X23H13, ЭИ 319) | | Поковки — ГОСТ 1133–71. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | | | |
| C | | Si | | Mn | | S | | P | | Cr | | Ni | |
| ≤ 0,20 | | ≤ 1,00 | | ≤ 2,00 | | ≤ 0,025 | | ≤ 0,035 | | 22,0–25,0 | | 12,0–15,0 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 1100–1150 | Вода или воздух | 0,7–3,9 | — | 540 | 35 | — | — | — | — | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1100–1150 | Воздух, масло или вода | До 60 ¹ | 295 | 490 | 35 | 50 | — | — | — | | |
| ¹ Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение δ на 1%, ψ на 5%; от 100 до 150 мм — δ на 3%, ψ на 10%. | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 1030–1120 | Вода | 4–25 ² | — | 570 | 35 | — | — | — | — | | |
| ² Для листов толщиной свыше 25 мм механические свойства не нормируются, определение обязательно. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Детали, работающие при высоких температурах в слабо нагруженном состоянии. Сталь жаростойкая аустенитно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 1050 | Вода | Образцы | 20 | 360 | 650 | 39 | 60 | 206 | — | | |
| | | | | | 550 | 300 | 580 | 28 | 60 | 294 | — | | |
| | | | | | 600 | 280 | 520 | 29 | 64 | 294 | — | | |
| | | | | | 650 | 260 | 465 | 31 | 62 | 294 | — | | |
| | | | | | 700 | 215 | 475 | 35 | 57 | 294 | — | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | |
| | | 1·10 ⁴ | | 1·10 ⁵ | | 1/10 ⁴ | | | 1/10 ⁵ | | | | |
| [1, 4] | 550 | 235 | | 196 | | 151 | | | 57 | | | | |
| | 600 | 186 | | 147 | | — | | | — | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | | |
| — | | | | | Среда | | t, °C | | Скорость коррозии, мм/год | | База испытаний, ч | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | | Окалиностойкая до 900°C | | | | | | | | |
| Время, ч | | t, °C | | KCU, Дж/см ² | | | | | | | | | |
| Исходное состояние ³ | | | | 206 | | | | | | | | | |
| 2000 | | 600 | | 78 | | | | | | | | | |
| 8800 | | 600 | | 16 | | | | | | | | | |
| 2000 | | 750 | | 78 | | | | | | | | | |
| ³ Закалка с 1050°C в воде. | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1220–900 | | До 350 | | Воздух | | До 350 | | Воздух | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД (электроды ОЗЛ–6, ЦЛ–25 и др.), РАД | | | В состоянии аустенитизации при $\sigma_b \geq 550$ Н/мм ² K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,4 (быстрорежущая сталь) | | | | — | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | Склонна в интервале 600–800°C из-за образования σ -фазы | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|---|--|------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| 10X23H18 | | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75. Поковки — ГОСТ 1133–71, ГОСТ 25054–81. Калиброванный пруток — ГОСТ 7417–75. Полоса — ГОСТ 4405–75. Труба — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Cu | | | |
| ≤ 0,10 | ≤ 1,00 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 22,0–25,0 | 17,0–20,0 | ≤ 0,20 | ≤ 0,30 | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | ККУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 1080–1150 | Вода или воздух | Лист г/к или х/к до 3,9 Образцы поперечные | — | 510 | 35 | — | — | — | — |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1100–1150 | Воздух или вода | Пруток до 60 | 196 | 490 | 35 | 50 | — | — | — |
| ГОСТ 9940–81 | Горячедеформированная без термообработки | | | Труба бесшовная s 3,5–32 | — | 491 | 37 | — | — | — | — |
| ГОСТ 9941–81 | Холодно- или теплодеформированная термообработанная | | | Труба бесшовная s 0,2–22 | — | 529 | 35 | — | — | — | — |
| ГОСТ 25054–81 | Закалка | 1000–1050 | Вода или воздух | Поковка до 1000 | 196 | 490 | 35 | 40 | — | — | ≤ 179 |
| | Закалка | 1100–1150 | Воздух, масло или вода | Лист | 175 | 490 | 40 | 55 | — | — | — |

Назначение. Листовые детали, трубы, арматура (при пониженных нагрузках), работающие при температуре до 1000°C.

Сталь жаростойкая и жаропрочная аустенитного класса.

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–900 | — | Воздух | — | Воздух |
| Заготовка | 1180–900 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ | В закаленном и отпущенном состоянии при 178 HB и $\sigma_b \leq 600$ Н/мм ² $K_v = 0,9$ (твердый сплав), $K_v = 0,4$ (быстрорежущая сталь) | — |
| | | Склонна к отпускной хрупкости Склонна в интервале 600–800°C из-за образования σ -фазы |

| | |
|--------------------------------------|--|
| Марка стали | Вид поставки |
| 20Х23Н18 (Х23Н18, ЭИ 417) | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–2186–77. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Лента — ГОСТ 4986–79. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni |
| ≤ 0,20 | ≤ 1,00 | ≤ 2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 22,0–25,0 | 17,0–20,0 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4986–79 | Закалка | 1050–1080 | Воздух или вода | 0,05–0,2 | — | 570 | 19 | — | — | — | — |
| | | | | 0,2–2,0 | — | 570 | 38 | — | — | — | — |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 1080–1150 | Вода, воздух | 0,7–3,9 | 245 | 510 | 35 | — | — | — | — |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1100–1150 | Воздух или вода | До 60 ¹ | 196 | 490 | 35 | 50 | — | — | — |

¹ Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение δ на 1%, ψ на 5%; от 100 до 150 мм — δ на 3%, ψ на 10%.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|--------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 1030–1130 | Вода | 4–50 | 265 | 540 | 35 | — | — | — | — |

Назначение. Лопатки рабочие и направляющие, поковки, бандажи для работы при температуре 650–700°C; детали камер сгорания, хомуты, подвески и другие детали крепления котлов, муфелей, бесшовные трубы.

Сталь жаростойкая и жаропрочная аустенитного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² [4] | | Состояние стали | Термообработка | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|--|---------------------------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| 255 | — | $\sigma_{0,2} = 590$ | Закалка 1100°C, вода или воздух | — | — | — | — | — | — | — |
| 245 | — | $\sigma_{0,2} = 290$; $\sigma_b = 570$; 140–200 HB | | — | — | — | — | — | — | — |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HB | |
|-----|----------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------|-----------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 1180 | Вода | Пруток | 20 | 295–320 | 600–660 | 29–35 | 47–54 | 137–186 | — | |
| | | | | | Старение | 800, 4 ч | Воздух | ϕ 38–55 | 300 | 235 | 520–540 | 28–35 |
| | | | | | 400 | 225 | 540 | 24–32 | 39–45 | 147–166 | — | |
| | | | | | 500 | 210 | 520–540 | 25–31 | 41–45 | 171 | — | |
| | | | | | 600 | 195 | 440 | 24 | 46 | 176 | — | |
| | | | | | 700 | 185–195 | 315–330 | 19–24 | 35 | 171 | — | |
| | | | | | 800 | 165 | 185–205 | 19–27 | 34 | 176 | — | |
| | | Скорость деформирования 20 мм/мин | | | Образец | 800 | 215 | 255 | 24 | 67 | — | — |
| | | Скорость деформации 0,117 1/с | | | ϕ 10 | 900 | 135 | 135 | 37 | 77 | — | — |
| | | | | | длина 50 | 1000 | 64 | 71 | 49 | 77 | — | — |
| | прокатанный | | | | 1100 | 39 | 44 | 51 | 70 | — | — | |
| | | | | | 1200 | 22 | 27 | 27 | 31 | — | — | |

| 20X23N18 (X23N18, ЭИ 417) | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|----------|-------------------------|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| [24] | Закалка | 1050 | Воздух | Листы | 20 | — | 690 | 19 | 50 | — | — | | |
| | | | | | 500 | — | 510 | 42 | 37 | — | — | | |
| | | | | | 600 | — | 450 | 41 | 39 | — | — | | |
| | | | | | 700 | — | 310 | 58 | 58 | — | — | | |
| | | | | | 800 | — | 210 | 56 | 60 | — | — | | |
| | | | | | 900 | — | 100 | 75 | 61 | — | — | | |
| | Закалка | 1180 | Вода | Прутки | 20 | 280 | 610 | 64 | 75 | 300 | — | | |
| | Закалка Старение | 1180 800, 4 ч | Вода Воздух | Прутки | 20 | 300 | 610 | 29 | 47 | 140 | — | | |
| | | | | | 300 | 240 | 530 | 25 | 45 | 150 | — | | |
| | | | | | 400 | 230 | 550 | 24 | 39 | 150 | — | | |
| | | | | | 500 | 210 | 530 | 25 | 41 | 170 | — | | |
| | | | | | 600 | 200 | 450 | 23 | 45 | 180 | — | | |
| | | | | | 650 | 190 | 370 | 22 | 45 | 190 | — | | |
| | | | | | 700 | 190 | 320 | 19 | 34 | 170 | — | | |
| 800 | | | | | 160 | 190 | 19 | 34 | 180 | — | | | |
| Механические свойства при различных температурах после тепловой выдержки (пруток, сечение 38–55 мм) | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Тепловая выдержка | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | | | не менее или в пределах |
| [4] | Закалка Старение | 1180 800, 4 ч | Вода Воздух | 650 | 10000 | 20 | 330 | 590–630 | 12–18 | 28 | 64–69 | — | |
| | | | | 650 | 10000 | 650 | 205 | 340–390 | 11–15 | 16–21 | 127 | — | |
| | | | | | 700 | 10000 | 20 | 320 | 510–550 | 5–6 | 8–10 | 15 | — |
| | | | | | 700 | 10000 | 650 | 195 | 285–330 | 4–5 | 5–8 | 49 | — |
| | | | | | 800 | 2000 | 20 | 295 | 640 | 26–35 | 29–42 | 59 | — |
| | | | | | 800 | 2000 | 500 | 195 | 460 | 22 | 33–43 | — | — |
| | | | | | 800 | 2000 | 650 | 175 | 390 | 14–19 | 23–24 | 137–167 | — |
| | | | | | 800 | 2000 | 800 | 145 | 185 | 6–8 | 12–16 | — | — |
| | | | | | 800 | 4000 | 20 | 315 | 590–630 | 17–32 | 20–39 | 34 | — |
| | | | | | 800 | 4000 | 500 | 195 | 470 | 18–25 | 29–35 | 54–59 | — |
| | | | | | 800 | 4000 | 650 | 185 | 350 | 8–12 | 15–17 | 78–98 | — |
| | | | | | 800 | 4000 | 800 | 135 | 185 | 7–10 | 13–18 | — | — |
| | | | | | 800 | 10000 | 20 | 275 | 580–620 | 14–28 | 20–39 | 34 | — |
| 800 | 10000 | 650 | 175 | 340–370 | 5–10 | 20 | 73–80 | — | | | | | |

20X23H18 (X23H18, ЭИ 417)

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
|--------|-------|--|-------------------|-------------------|-------------------|---|
| | | 1·10 ² | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁵ |
| [1, 4] | 650 | — | — | 113 | 78 | 53 |
| | 700 | — | — | 59 | 34 | 34 |
| | 800 | — | — | — | — | 12 |
| [24] | 800 | 69 | 39 | 23 | — | — |
| | 900 | 39 | 20 | 10 | — | — |
| | 1000 | 17 | 7,5 | 3,3 | — | — |
| | 1050 | 12 | 5 | 2,1 | — | — |

Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч

—

Жаростойкость [1]

| | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч |
|---|-------|-------------------------|--------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | Воздух | 650 750 800 | 0,0027 0,01 0,044 | 4500 1500 — |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | |
| Исходное состояние | | 137–186 | | | | |
| 10000 | 650 | 59–69 | | | | |
| 10000 | 700 | 15 | | | | |
| 10000 | 800 | 34 | | | | |

Жаростойкость [24]

| t, °C | Увеличение массы, г/(м ² ·ч), за τ, ч | | | Скорость окисления, мм/год, по результатам максимальной выдержки |
|-------|--|--------|--------|---|
| | 100 | 500 | 1000 | |
| 800 | 0,02 | — | — | 0,05 |
| 900 | 0,10 | 0,03 | 0,02 | 0,05 |
| 1000 | 0,20 | — | — | 0,50 |
| 1100 | 0,32 | 0,40 | > 1,00 | Катастрофическое окисление |
| 1200 | 0,50 | > 1,00 | — | Катастрофическое окисление |

Коррозионная стойкость [1]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Глубина коррозии, мм/год | Балл стойкости |
|-----------------------------|--|-------|--------------------|-----------------------------|----------------|
| Общая | Концентрированная H ₂ SO ₄ | 20 | — | — | 1–2 |
| Точечная | 40% H ₂ SO ₄ | 20 | — | 0,1–1,0 | — |
| Коррозионное растрескивание | — | — | — | — | — |
| Межкристаллитная | — | | | | |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–900 | — | Воздух | — | Воздух |
| Заготовка | 1180–900 | | | | |

Свариваемость

Сваривается без ограничений.
Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ

Обрабатываемость резанием

В закаленном и отпущенном состоянии
при 178 НВ и σ_в ≤ 600 Н/мм²
K_v = 0,9 (твердый сплав),
K_v = 0,4 (быстрорежущая сталь)

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--------------------------|-------------------|-------------|---------------------------|--|------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|--|
| 03X23H26Ю5 | | Листы — ТУ 14-1-2443-78. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-2443-78 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Al | Ce | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,03 | ≤ 0,50 | ≤ 0,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 22,0–24,0 | 25,0–27,0 | 4,30–5,00 | 0,05–0,09 | — | — | — | — | |
| Согласно ТУ церий вводится в металл по расчету и химическим анализом не определяется; допустимое отклонение по массовой доле углерода 0,01%. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства в зависимости от температуры испытаний | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-2443-78 | | | | | 20 | 388 | 746 | 31,2 | 37,1 | | | | |
| | | | | | 750 | 296 | 390 | 13,8 | 25,4 | | | | |
| | | | | | 800 | 209 | 291 | 25,0 | 29,9 | — | — | — | |
| | | | | | 1100 | 401 | 401 | 60,4 | 96,9 | | | | |
| | | | | | 1200 | 234 | 234 | 63,8 | 97,2 | | | | |
| <p>Назначение. Изготовление ответственных элементов топочного котельного оборудования ТЭС и др. деталей, работающих в окислительных атмосферах при температуре до 1300°С включительно.</p> <p>Сталь жаростойкая аустенитно-ферритного класса.</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | | | | | | | | | | |
| Среда | | | t, °С | | Скорость коррозии, мм/год | | | База испытаний, ч | | | | | |
| Воздух | | | 1300 | | 0,21 | | | 1000 | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | | | | В состоянии поставки при σ _в ≤ 774 Н/мм ² K _v = 0,60 (твердый сплав), K _v = 0,50 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------|-----------|-------------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 03X23H28Ю4Т (ЭК 86) | | Листы горячекатаные — ТУ 14-1-4195-86. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-4195-86 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Fe | Ti | Al | Ce | Ca | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,03 | ≤ 0,40 | ≤ 0,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 23,0–24,0 | 27,0–28,0 | основа | 0,10–0,20 | 4,00–4,50 | По расчету до 0,15 | По расчету до 0,10 | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | не менее | | | |
| ТУ 14-1-4195-86 | Закалка | 1150 | Вода | 4–6 | 216 | 490 | 30 | — | — | — | — | | | | |
| Назначение. Насадки горелок, неохлаждаемые элементы дистанционирования поверхностей нагрева паровых котлов, форсунки горелок термических печей и другие изделия, работающие в окислительных газовых средах при температуре до 1300°С включительно. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Высокотемпературные пластичность и прочность сплава | | | | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | | | | | | | |
| Воздух | 1300 | 0,15 | 1000 | 900 | 166 | 193 | 46,1 | 48,0 | | | | | | | |
| | | | | 1000 | 107 | 109 | 66,2 | 71,6 | | | | | | | |
| | | | | 1050 | 76 | 81 | 76,3 | 68,5 | | | | | | | |
| | | | | 1100 | 56 | 62 | 74,2 | 92,0 | | | | | | | |
| | | | | 1150 | 42 | 47 | 67,5 | 96,5 | | | | | | | |
| | | | | 1200 | 37 | 38 | 77,8 | 96,5 | | | | | | | |
| Стойкость сплава к теплосменам | | | | | | | | | | | | | | | |
| Среда | Режим | Количество теплосмен | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | | | | | | | | | |
| Воздух | 1300 ± 20°С | 40 | 0,36 | 315 | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметрыковки, °С | | | Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | | | |
| 1180±20 – 950 | | | Ограниченно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | — | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Марка стали | Вид поставки |
| 03X24H6AM3 (ЗИ 130), 03X24H6AM3-ВИ (ЗИ 130-ВИ) | Пруток — ТУ 14-1-3880-84. Лист толстый — ТУ 14-1-5021-91, ТУ 302.92.095-90. Лист тонкий — ТУ 14-1-3467-82. Проволока сварочная — ТУ 14-1-4372-87. Заготовка трубная — ТУ 14-1-3966-85. Трубы — ТУ 14-3-1398-86. |

Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-3880-84

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|-----------|-------------|--------|--------|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Zr | Nb | Ti | Ce | Cu | Al+Ti |
| ≤ 0,03 | ≤ 0,40 | 1,00–2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 23,5–25,0 | 5,80–6,80 | 2,50–3,50 | 0,05–0,15 | ≤ 0,10 | 0,02–0,12 | 0,004–0,030 | ≤ 0,10 | ≤ 0,03 | ≤ 0,10 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------------------|----------------------|-----------|-------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-3880-84 | Закалка | 1070 | Вода | ∅ 55 | 390 | 690 | 25 | — | 58,8 | — | — |
| ТУ 14-1-3966-85 | Закалка | 1070 | Вода | ∅ 80–105 | 390 | 690 | 25 | — | 58,8 | — | — |
| ТУ 14-1-5021-91 | Закалка | 1070 | Вода | 4–11 | 440 | 690 | 25 | — | 98 | — | — |
| ТУ 14-3-1398-86 | Аустенитизация | 1000–1050 | — | ∅ 13–18 s 1,5–2,0 | 392 | 686 | 25 | — | — | — | — |
| ТУ 302.02.095-90 | — | — | — | До 100 | 390 | 690 | 25 | — | — | — | — |

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HB |
|------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [ДЦ] | Закалка | 1060–1080 | Вода | Лист | 20 | 598–685 | 755–815 | 25–30 | — | 147–196 | — |
| | Закалка | 1070 | Вода | Пруток ∅ 55 | 800 | 116 | 139 | 55 | 55 | — | — |
| | | | | | 900 | 83 | 92 | 68 | 66 | — | — |
| | | | | | 950 | 42 | 54 | 97–141 | 83 | — | — |
| | | | | | 1000 | 23 | 31 | 148 | 94 | — | — |
| | | | | | 1050 | 22 | 28 | 97–120 | 93 | — | — |
| | | | | | 1100 | 15 | 16 | 134 | 96 | — | — |
| | | | | | 1150 | 9 | 10 | 117–197 | 96 | — | — |
| | | | | | 1200 | — | 7 | 90–135 | 96 | — | — |

Назначение. Для изготовления сварного химического и нефтехимического оборудования, работающего в серноокислых, фосфорнокислых и азотнокислых средах, а также средах, содержащих хлориды и сероводород. Благодаря повышенной прочности, сталь можно применять для изделий, эксплуатируемых в условиях коррозионно-эрозийного износа. Температурный интервал использования стали от –40°С до 300°С, для оборудования, работающего в контакте с морской водой, и в средах повышенной агрессивности до 90°С.

Сталь коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная аустенитно-ферритного класса.

| 03X24H6AM3 (ЗИ 130), 03X24H6AM3-ВИ (ЗИ 130-ВИ) | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|---|--|---|-------|-------------------------------------|-----|--|-----|-----|----------------|----------------------|---------------------|
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСV, Дж/см ² , при t, °C [ДЦ] | | | | | | | | Термообработка | Сортамент | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | +100 | +20 | 0 | -20 | -40 | -50 | -60 | -80 | | | -100 |
| — | — | — | — | 230 | 220 | 200 | — | 190 | — | — | — | — | — |
| | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [ДЦ] | | | | | | | | Термообработка | Сортамент | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | +100 | +20 | 0 | -20 | -40 | -50 | -60 | -80 | | | -100 |
| — | — | — | 264 | 241 | 239 | 251 | 224 | — | 245 | — | 18 | Закалка 1070°C, вода | Лист $\delta=10$ мм |
| — | — | — | — | 246 | 270 | 233 | 289 | — | 272 | 117 | 33 | Закалка 1070°C, вода | Сорт $\phi 55$ мм |
| Примечание. Приведены фактические данные. | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | | | | | | |
| Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | | | | | |
| — | — | — | — | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | | | |
| | | | | Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | |
| | | | | Исходное состояние | | | | | — | | | | |
| | | | | — | | | | | — | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | 10–90% растворы H ₂ SO ₄ | | | 20–90 | | | Не уступает по стойкости сплаву 06ХН28МДТ (ЭИ 943) | | | | | |
| | | 42% P ₂ O ₅ + 10–18 г/л H ₂ SO ₄ + 1,5–2 г/л F ⁻ | | | 90 | 4000 | | 1 | | | | | |
| | | 25% NaCl + 25% Na ₂ S | | | 20 | 500 | | 1 | | | | | |
| Точечная | | Устойчива к питтинговой коррозии в хлоридных средах | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | 5% NaCl, насыщенный H ₂ S, + 0,5% CH ₃ COOH | | | 20 | 720 ($\sigma = 0,9 \sigma_{0,2}$) | | Трещин не обнаружено | | | | | |
| | | То же при P = 14 Н/мм ² | | | 16 | 720 ($\sigma > \sigma_{0,2}$) | | Трещин не обнаружено | | | | | |
| | | Насыщенный NH ₄ Cl | | | 108 | 500 | | Трещин не обнаружено | | | | | |
| Межкристаллитная | | По ТУ 14–1–3467-82 и ТУ 14–1–3880–84 должна быть устойчива к МКК при испытании по методу ВУ ГОСТ 6032–2003. Скорость коррозии по методу ДУ в каждом из 5 циклов не превышает 0,5 мм/год | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметры ковки, °C | | | | Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | |
| 1200–900 1100–900 (штамповка днищ в холодном и горячем состоянии) | | | | Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. | | | | В состоянии аустенитизации при $\sigma_n = 690$ Н/мм ² K _v = 0,66 (твердый сплав), K _v = 0,37 (быстрорежущая сталь) | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-------------------|------------------------------------|---|--|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----|--------------|--|
| 15X25T (X25T, ЭИ 439) | | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Трубная заготовка — ТУ 14–1–565–84. Трубы — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | | | |
| C | | Si | | Mn | | S | | P | | Cr | | Ti | |
| ≤ 0,15 | | ≤ 1,00 | | ≤ 0,80 | | ≤ 0,025 | | ≤ 0,035 | | 24,0–27,0 | | 5 × C – 0,90 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Отжиг или отпуск | 740–780 | | 0,7–3,9 | — | 530 | 17 | — | — | — | — | | |
| ГОСТ 5949–75 | Отжиг или без термообработки | 730–770 | Воздух или вода | До 60 ¹ | 295 | 440 | 20 | 45 | — | — | — | | |
| ¹ Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение δ на 1%, ψ на 5%; от 100 до 150 мм — δ на 3%, ψ на 10%. | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 7350–77 | Отжиг или отпуск | 740–780 | Вода | 4–25 ² | — | 440 | 14 | — | 20 | — | — | | |
| ² Для листов толщиной свыше 25 мм механические свойства не нормируются, определение обязательно. | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 9940–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 57–325 s 3,5–32 | — | 441 | 17 | — | — | — | — | | |
| ГОСТ 9941–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ϕ 21–273 s 0,2–22 | — | 461 | 17 | — | — | — | — | | |
| Назначение. Сварные конструкции, не подвергающиеся действию ударных нагрузок, работающие при температуре не ниже минус 20°C (как заменитель стали марки 12X18H9T); трубы теплообменной аппаратуры, работающие в азотной кислоте, электролитической щелочи, арматура нагревательных печей, чехлы термопар, электроды искровых зажигателей; трубы пиролизных установок и др. Сталь жаростойкая и коррозионно-стойкая ферритного класса. Сталь склонна к росту зерна при нагреве, что значительно снижает пластичность металла и значение ударной вязкости при комнатной температуре, поэтому горячая деформация должна проводиться при относительно низких температурах. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [4] | Отжиг | 760–780 | Вода | Прутки | 700 | — | 77 | 48 | 93 | — | — | | |
| | | | | | 800 | — | 26 | 104 | 99 | — | — | | |
| | | | | | 900 | — | 19 | 153 | 99 | — | — | | |
| | | | | | 1000 | — | 11 | 148 | 100 | — | — | | |
| | | | | | 1100 | — | 8 | 139 | 99 | — | — | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести (прутки) | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 1·10 ³ | 1/10 ³ | 1/10 ⁴ | | | | | |
| [15] | Отжиг | 730–770 | Воздух | 700 | 18 | 12 | 8 | | | | | | |
| | | | | 800 | 8 | — | — | | | | | | |
| | | | | 875 | 4 | 3 | 2 | | | | | | |
| | | | | 1000 | 3 | 0,2 | 0,1 | | | | | | |
| Механические свойства в зависимости от степени пластической деформации | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Степень деформации, % | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| [4] | 0 | | | — | 450 | 32 | — | — | — | — | | | |
| | 10 | | | — | 600 | 15 | — | — | — | — | | | |
| | 20 | | | — | 700 | 10 | — | — | — | — | | | |
| | 30 | | | — | 760 | 8 | — | — | — | — | | | |
| | 40 | | | — | 800 | 7 | — | — | — | — | | | |
| | 50 | | | — | 840 | 6 | — | — | — | — | | | |
| | 60 | | | — | 860 | 5 | — | — | — | — | | | |

| 15X25T (X25T, ЭИ 439) | | | | | | |
|---|---|---|---|----------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | Жаростойкость [1] | | | |
| — | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | Поток чистого воздуха | 900 | 0,39 | 500 |
| Время, ч | t, °C | KCU, Дж/см ² | Поток воздуха, содержащего 1,5% SO ₂ | 900 | 0,54 | 500 |
| Исходное состояние | | | | | | |
| — | — | — | Спокойный воздух | 1050 | 0,35 | 1500 |
| Жаростойкость [4] | | | | | | |
| Среда | t, °C | База испытаний, ч | Глубина коррозии, мм/год | Группа стойкости или балл | | |
| Спокойный воздух | 850 | — | 0,175 | 6 | | |
| | 950 | — | 0,294 | 6 | | |
| | 1050 | — | 0,490 | 6 | | |
| Поток чистого воздуха | 900 | 500 | 0,39 | 6 | | |
| Поток воздуха, содержащего 1,5% SO ₂ | 900 | 500 | 0,54 | Пониженностойкая | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | |
| Общая | 40% азотная кислота | Температура кипения | 20–70 | 1 | | |
| | 10% фосфорная кислота | | | 1 | | |
| | 320–340 г/кг NaOH, 90 г/кг NaCl, 0,2–0,3 г/кг NaClO ₃ , скорость движения среды 1 мм/сек | 90 | Производство щелочи электролитическим методом | 1 | | |
| Точечная | — | — | — | — | | |
| Коррозионное растрескивание | 42% MgCl ₂ | 154 | 500 | Трещин не обнаружено | | |
| Межкристаллитная | Сталь не должна быть склонной к МКК при испытании по ГОСТ 6032–2003 | | | | | |
| Коррозионная стойкость [4] | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Глубина коррозии, мм/год | | |
| Общая | 6% раствор HNO ₃ | 20 | 640 | 0,001 | | |
| | 40% раствор HNO ₃ | 20 | 640 | 0,001 | | |
| | 85% раствор H ₃ PO ₄ | 20 | 480 | 0,01 | | |
| Коррозионная стойкость [5] | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Давление, Н/мм ² | Скорость коррозии | | |
| | | | | г/(м ² ·ч) | мм/год | |
| Общая | Вода деаэрированная | 200 | 1,6 | 0,01 | 0,01 | |
| | Вода деаэрированная | 300 | 10,0 | 0,005 | 0,006 | |
| | Вода деаэрированная; Cl ⁻ = 10 мг/л | 300 | 8,7 | 0,01 | 0,01 | |
| | Вода деаэрированная; SO ₄ ⁻² = 10 мг/л | 300 | 8,7 | 0,01 | 0,01 | |
| | Вода деаэрированная; pH = 12 | 300 | 8,7 | 0,01 | 0,01 | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | |
| Слиток | 1150–800 | — | На воздухе | — | На воздухе | |
| Заготовка | 1150–800 | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокеночувствительность | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД и РАД. Рекомендуются предварительный подогрев и последующая термообработка | | В отожженном состоянии при 149–163 НВ и $\sigma_b = 440$ Н/мм ² K _v = 0,9 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | — | | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | |
| | | | | Склонна в интервале 450–520°C | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|--|--|------------------------------|----------------------|-----------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| 12X25H16Г7АР (ЭИ 835) | | Прутки горячекатаные круглые и квадратные — ГОСТ 5949–75, ТУ 14–1–225–72. Прутки кованные круглые и квадратные — ГОСТ 5949–75, ТУ 14–1–225–72. Полосы горячекатаные и кованные — ГОСТ 5949–75. Лента холоднокатаная — ГОСТ 4986–79. Листы горячекатаные и холоднокатаные — ГОСТ 5582–75, ГОСТ 7350–77, ТУ 14–1–1747–76, ТУ 14–1–2478–78. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | N | B | | |
| ≤ 0,12 | ≤ 1,00 | 5,00–7,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 23,0–26,0 | 15,0–18,0 | ≤ 0,30 | 0,30–0,45 | ≤ 0,01 | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 4986–79 | Лента холоднокатаная | | | ≤ 0,2 | 20 | — | 690 | 15 | — | — | — |
| | Закалка | 1050–1100 | Вода или воздух | 0,2–2,0 | 20 | — | 690 | 30 | — | — | — |
| ГОСТ 5582–75 | Лист горячекатаный и холоднокатаный (образцы поперечные) | | | 1,5–3,9 ¹ | 20 | — | ≤ 980 | 35 | — | — | — |
| | Закалка | 1050–1100 | Вода или воздух | 0,7–3,9 ² | 900 | — | 180 | 30 | — | — | — |
| ¹ Лист горячекатаный. | | | | | | | | | | | |
| ² Лист холоднокатаный. | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Прутки и полосы | | | До 60 | 20 | 325 | 690 | 40 | 45 | — | — |
| | Закалка | 1050–1150 | Воздух или вода | | 800 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | 900 | — | 176 | 15 | 20 | — | — |
| ГОСТ 7350–77 | Лист горячекатаный (образцы поперечные) | | | 4–50 | 20 | 390 | 740 | 50 | — | — | — |
| | Закалка | 1050–1150 | Вода или воздух | | | | | | | | |
| ТУ 14–1–225–72 | Прутки и полосы | | | До 180 | 20 | 340 | 740 | 45 | 45 | — | — |
| | Закалка | 1050 | Вода или воздух | | 900 | — | 180 | 15 | 20 | — | — |
| ТУ 14–1–1747–76 | Листы холоднокатаные (образцы поперечные) | | | До 3,0 | 20 | — | ≤ 980 | 35 | — | — | — |
| | Закалка | 1080–1150 | Вода, водяной душ или воздух | | 900 | — | 180 | 30 | — | — | — |
| ТУ 14–1–2478–78 | Лист горячекатаный | | | До 11 | 20 | — | ≤ 980 | 35 | — | — | — |
| | Закалка | 1050–1080 | Вода или воздух | | 800 | — | 250 | 15 | — | — | — |
| Назначение. В турбостроении (детали газопроводных систем, камеры сгорания, диафрагмы, листовые детали для эксплуатации при температурах до 1050°C). | | | | | | | | | | | |
| Сталь рекомендуется для замены жаростойких сплавов на никелевой основе ХН78Т и ХН75МБТЮ, применяемых в качестве листовых и сортовых материалов. | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаростойкая, жаропрочная аустенитного класса. | | | | | | | | | | | |

12Х25Н16Г7АР (ЭИ 835)

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|------|----------------------|--------------|-------------------|-------------|--------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 1150, 40 мин | Воздух | Пруток | 20 | 380–440 | 770–850 | 45–67 | 49–78 | 363–372 | — |
| | | | | | 500 | 225–245 | 560–610 | 48–57 | 64–76 | 294–363 | — |
| | | | | | 600 | 205–225 | 510–580 | 40–53 | 56–74 | 333–363 | — |
| | | | | | 700 | 175–215 | 380–450 | 22–33 | 22–34 | 314–343 | — |
| | | | | | 800 | 165–205 | 275–350 | 19–28 | 24–40 | 284–314 | — |
| | | | | | 900 | 125–175 | 175–235 | 20–36 | 25–44 | 235–284 | — |
| | | | | | 1000 | 49–98 | 98–135 | 50–64 | 43–60 | 167–255 | — |
| | | | | | 1100 | — | 39–59 | 50–70 | 41–62 | 167–215 | — |
| 1200 | — | 29–39 | 59–64 | 48–69 | 88–118 | — | | | | | |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|------|----------------------|--------------|-------------------|--------------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Нагрев | 1150, 40 мин | Воздух | Прутки Образцы продоль- ные | 20 | 380 | 790 | 45 | 49 | 370 | — |
| | | | | | 500 | 230 | 570 | 48 | 64 | 300 | — |
| | | | | | 600 | 210 | 520 | 40 | 56 | 340 | — |
| | | | | | 700 | 180 | 390 | 22 | 22 | 320 | — |
| | | | | | 800 | 170 | 270 | 19 | 24 | 290 | — |
| | | | | | 900 | 130 | 160 | 20 | 25 | 240 | — |
| | | | | | 1000 | 50 | 100 | 50 | 43 | 170 | — |
| | | | | | 1100 | — | 50 | 50 | 41 | 170 | — |
| 1200 | — | 30 | 59 | 48 | 90 | — | | | | | |

Механические свойства стали различного сортамента

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Нагрев | 1050–1080 | Воздух | Листы, поперечное | 20 | — | 1000 | 35 | — | — | — |
| | | | | | 800 | — | 250 | 15 | — | — | — |
| | Нагрев | 1050–1150, 0,5–1 ч | Воздух или вода | Прутки, продольное | 20 | 350 | 750 | 45 | — | — | — |
| | | | | | 900 | — | 180 | 15 | — | — | — |
| | Нагрев | 1100–1150 | Воздух или вода | Профили, продольное | 20 | 330 | 700 | 40 | — | — | — |
| | | | | | — | — | — | — | — | — | — |

Механические свойства в зависимости от испытаний на длительную прочность (лист)

| НД | Длительная прочность | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-----|------------------------------|---------|---------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | σ , Н/мм ² | t , ч | | | | | | | | |
| [5] | Образцы цилиндрические | | | | | | | | | |
| | 800 | 80 | 150–400 | — | — | 10–44 | — | — | — | — |
| | 800 | 100 | 100–200 | — | — | 9–25 | — | — | — | — |
| | 900 | 40 | 50–160 | — | — | 15–30 | — | — | — | — |
| | 900 | 50 | 20–70 | — | — | 17–32 | — | — | — | — |
| | Образцы плоские | | | | | | | | | |
| | 800 | 80 | 50–150 | — | — | 5–20 | — | — | — | — |
| | 800 | 100 | 20–80 | — | — | 9–18 | — | — | — | — |
| | 900 | 40 | 25–90 | — | — | 10–60 | — | — | — | — |
| | 900 | 50 | 15–30 | — | — | 5–30 | — | — | — | — |

Чувствительность стали (образцы цилиндрические к надрезу)

Временное сопротивление сварных соединений, σ_b , Н/мм²

| НД | t, °C | σ , Н/мм ² | Время до разрушения, t, ч | | НД | t, °C | Сварка | | |
|-----|-------|------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-----|-------------------------------|----------|-----------|---------------|
| | | | Образец гладкий | Образец с надрезом ($R_n = 0,5$ мм) | | | точечная | роликовая | аргонодуговая |
| [5] | 800 | 100 | 113 | 198 | [5] | 20 | 1080 | 790 | 680 |
| | 900 | 50 | 55 | 110 | | 800 | 460 | 220 | 260 |
| [5] | 800 | 100 | 113 | 198 | [5] | 900 | 340 | 160 | 200 |
| | 900 | 50 | 55 | 110 | | После сварки отпуск при 800°C | | | |

| 12X25H16Г7АР (ЭИ 835) | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|-------------------|--------------------------|---|---|-------------------|--|------------------------|-------------------|
| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | 1·10 ² | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | | |
| [1] | Закалка | 1200 | Воздух | Прутки | 900 | 44 | 23 | (11) | | |
| | | | | | 1000 | 19 | 8 | (3,5) | | |
| | | | | | 1050 | 12 | 5 | (2) | | |
| Значения в скобках получены экстраполяцией. | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести стали (прутки, НВ ≥ 190) | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ² | 1·10 ³ | 5·10 ³ | 1/10 ² | 1/(5·10 ²) | 1/10 ³ |
| [5] | Нагрев | 1150, 40 мин | Воздух | 500 | 560 | 470 | 420 | — | — | — |
| | | | | 600 | 340 | 270 | 250 | — | — | — |
| | | | | 700 | 220 | 150 | 120 | — | — | — |
| | | | | 750 | — | — | — | — | 67 | 55 |
| | | | | 800 | 100 | 50 | 30 | 70 | 43 | 35 |
| | | | | 900 | 45 | 23 | 13 | 30 | 17 | 15 |
| | | | | 1000 | 19 | 6,5 | 3,5 | — | — | — |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | |
| НД | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | |
| | | 1·10 ² | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | 1/10 ³ | | | | | |
| [4] | 750 | — | — | — | 54 | | | | | |
| | 800 | — | 49 | — | 34 | | | | | |
| | 900 | — | 23 | 11 | 15 | | | | | |
| | 1000 | 19 | 8 | 3,5 | — | | | | | |
| Длительная прочность в зависимости от температуры испытания | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | |
| НД | t, °С | Длительная прочность | | t, °С | Увеличение массы, г/(м ² ·ч) | Потеря массы, г/(м ² ·ч) | База испытаний, ч | Термообработка | | |
| | | σ, Н/мм ² , не менее | τ, ч | | | | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | 800 | 98 | 100 | 900 | 0,11 | 0,29 | 100 | Лист толщиной 1,5 мм | | |
| | 900 | 49 | 50 | 1000 | 0,34 | 1,20 | 100 | | | |
| | 900 | 39 | 100 | 1100 | 0,46 | 1,46 | 100 | | | |
| ТУ 14–1–225–72 | 900 | 49 | 50 | 1200 | 0,60 | 2,12 | 100 | | | |
| | 900 | 39 | 100 | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости | | | |
| Общая | | Сталь устойчива против окисления в атмосфере спокойного воздуха до 1050–1100°С | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | |
| Слиток | 1170–950 | — | | На воздухе | | — | | На воздухе | | |
| Заготовка | 1160–900 | — | | На воздухе | | — | | На воздухе | | |
| Свариваемость | | | | | | | | | | |
| Сваривается всеми видами сварки | | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|--|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------|-------------------------|-----------------|----|
| 20X25H20C2 (X25H20C2, ЭИ 283) | | Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–2186–77. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| ≤ 0,20 | 2,00–3,00 | ≤ 1,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 24,0–27,0 | 18,0–21,0 | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 1050–1100 | Воздух или вода | 0,7–3,9 | — | 490 | 35 | — | — | — | — |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1100–1150 | Воздух или вода | До 60 ¹ | 295 | 590 | 35 | 50 | — | — | — |
| ¹ Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение δ на 1%, ψ на 5%; от 100 до 150 мм – δ на 3%, ψ на 10%. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. В печестроении, в качестве материала для центробежно-литых труб, листов, печных роликов, подвесок и опор в котлах, экранов печей для работы при температурах до 1050°С в воздушной и углеводородной атмосферах. | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаростойкая аустенитного класса. | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | | | |
| Воздух | 875 1050 | 0,132 0,540 | 400 400 | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | |
| | | | | Время, ч | t, °С | KCU, Дж/см ² | | | | | |
| | | | | Исходное состояние | | | — | | | | |
| | | | | 1 | 850 | 400 | | | | | |
| | | | | 5 | 850 | 205 | | | | | |
| | | | | 100 | 850 | 48 | | | | | |
| | | | | 1000 | 850 | 25 | | | | | |
| 5000 | 850 | 80 | | | | | | | | | |
| Твердость HB в зависимости от температуры старения | | | | | | | | | | | |
| t, °С | Длительность старения, ч | | | | | | | | | | |
| | 1 | 5 | 25 | 200 | 1000 | 5000 | | | | | |
| 650 | 182 | 182 | 190 | 240 | 232 | 208 | | | | | |
| 750 | 197 | 210 | 212 | 225 | 190 | 189 | | | | | |
| 850 | 197 | 217 | 212 | 197 | 195 | 194 | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметрыковки, °С | | | Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | |
| 1170–850 | | | Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. | | | | В нетермообработанном состоянии K _v = 0,8 (твердый сплав) | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|-------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-----------|-------------------------|-----------------|--------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| X27Ю5Т | | Проволока — ГОСТ 12766.1-90. Лента — ГОСТ 12766.2-90. Калиброванный пруток — ГОСТ 12766.3-90. Сортовой прокат — ГОСТ 12766.4-90. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 10994-74 | | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Al | Ce | Ca | Ba | Zr | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,05 | ≤ 0,60 | ≤ 0,30 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | 26,0-28,0 | ≤ 0,60 | 0,15-0,40 | 5,00-5,80 | ≤ 0,10 | ≤ 0,10 | ≤ 0,50 | ≤ 0,10 | — | — | — | — |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ ₂₀₀ , % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | t испытания, °С | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.1-90 | Мягкое термически обработанное состояние | | | φ 0,5-6,0 | — | ≤ 780 | 10 | — | — | 20 | — | | | | | |
| ГОСТ 12766.2-90 | В состоянии поставки | | | Толщина 0,2-3,2 Ширина 6-80 | — | ≤ 785 | 10 ¹ | — | — | 20 | — | | | | | |
| ГОСТ 12766.3-90 | Мягкое термически обработанное состояние | | | φ 6-10 | — | — | 10 | — | — | 20 | — | | | | | |
| ГОСТ 12766.4-90 | Мягкое термически обработанное состояние | | | φ 8-12 | — | — | 10 ² | — | — | 20 | — | | | | | |
| ДЦ | Нагрев | 760 (30 мин) | Вода | φ 0,5-6,0 | 534 | 663 | 16 | — | — | 20 | — | | | | | |
| | | | | | 425 | 660 | 24 | 62 | — | 200 | — | | | | | |
| | | | | | 357 | 605 | 25 | 53 | — | 400 | — | | | | | |
| | | | | | 354 | 375 | 33 | 71 | — | 600 | — | | | | | |
| | | | | | — | 87 | 76 | 97 | — | 800 | — | | | | | |
| | | | | | — | 13 | 127 | — | — | 1000 | — | | | | | |
| | | | | — | 9 | 118 | — | — | 1200 | — | | | | | | |

¹ δ_s.

² δ₁₀₀.

Назначение. Электронагревательные элементы печи с предельной рабочей температурой 1350°С.

Во вновь создаваемой и модернизируемой технике вместо стали X27Ю5Т рекомендуется использовать сталь X23Ю5Т.

| Нормируемые свойства стали | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|------------------------------|---------------------------|--------------|--|---|--|--|--|---|--|--|-------|--|--|-------------------------|--|--|
| НД | Вид продукции | Размер, мм | t испытания, °С | Живучесть, ч | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | не менее | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.1-90 | Проволока | φ 0,5-6,0 | 1300 | 80 | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.2-90 | Лента | Толщина 0,2-3,2. Ширина 6-80 | 1300 | 80 | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.3-90 | Моток | φ 6,0-10,0 | 1300 | 80 | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.4-90 | Моток | φ 8-12 | 1300 | 80 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Пруток | φ 8-12 | По требованию потребителя | | | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | | | | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаростойкая в окислительной атмосфере, содержащей серу и сернистые соединения, углеродсодержащей, в водороде, вакууме, работает в контакте с высокоглиноземистой керамикой, не склонна к язвенной коррозии, склонна к провисанию при высоких температурах, не выдерживает резких динамических нагрузок. | | | | | | | | | | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Время, ч | | | t, °С | | | КСУ, Дж/см ² | | |
| | | | | | | | | | | Исходное состояние | | | | | | — | | |
| — | | | | | | — | | | | | | | | | | | | |

| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Температурные параметрыковки, °С | | | | Свариваемость | | | | | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| 1150-1000 | | | | Способы сварки: РД и РАД. Сварка нагревателей с рабочей температурой выше 1100°С производится постоянным током электродами из того же материала с обмазкой 0,3Л-8. Сварка нагревателей с рабочей температурой до 1100°С – обычными электродами с применением присадочного материала из сплава X27Ю5Т. При сварке нагревателей необходимо прикрывать их асбестовыми листами во избежание попадания брызг и повреждения проволоки в этом месте. | | | | | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Склонна в интервале температур 400-500°С | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|--------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|--------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------|-------|
| 03Н18К9М5Т | | Штамповки и прутки — ТУ 14-1-1898-76. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Co | Ni | Mo | Ti | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| ≤ 0,03 | ≤ 0,10 | ≤ 0,10 | ≤ 0,010 | ≤ 0,010 | 8,50–9,50 | 17,5–18,5 | 4,50–5,50 | 0,60–0,90 | 560–600 | 700–740 | — | — | 150–180 | 60–80 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HV | K _{IC} , МН/м ^{3/2} | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 820–850 | Воздух | Образцы | 1900 | 2100 | 8 | 50 | 50 | — | — | | | |
| | Старение, 3 ч | 480–520 | Воздух | | | | | | | | | 2300 ¹ | 20 ² | |
| | Закалка | 820 | Воздух | Образцы | 650–800 | 1000–1800 | 19–21 | 70–75 | 180–250 | 280–320 | — | | | |
| | Старение, 3 ч | 480 | Воздух | Образцы | 1800–2000 | 1950–2100 | 6–9 | 30–50 | 40–50 | 540–620 | 95–170 | | | |
| ¹ σ _в ^н . | | | | | | | | | | | | | | |
| ² КСУ _р . | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Сосуды высокого давления в химической промышленности, судостроении, криогенной технике, высоконагруженные детали машин и механизмов, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера. | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь мартенситно-старяющая. | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь выплавляют в вакуумных печах (индукционных и дуговых) из чистых шихтовых материалов. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | | | | | |
| 650–750 | — | 10 ⁷ | Закалка 820°С. Старение 480°С. | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °С | Длительность, ч | | | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | Сопротивление коррозии под напряжением этой стали превосходит сопротивление нержавеющей сталей мартенситного класса при одинаковом уровне напряжений. | | | | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Хорошо сваривается в тонких и массивных сечениях. | | | Легко обрабатывается | | | | | | — | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | | — | | | | | |

Раздел 2. СТАЛИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ

СТАЛИ УГЛЕРОДИСТЫЕ И ЛЕГИРОВАННЫЕ

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---------------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----|
| У7, У7А | | Прутки, полосы и мотки — ГОСТ 1435–99. Лента холоднокатаная — ГОСТ 2283–79. Прокат сортовой — ГОСТ 5210–95. Лента стальная плоская — ГОСТ 10234–77. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1435–99 | | | | | | | | | Марка стали | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr ¹ | Ni ¹ | Mo | Cu ¹ | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ² | Mк |
| 0,65–0,74 | 0,17–0,33 | 0,17–0,33 | ≤ 0,028 | ≤ 0,030 | 0,12–0,40 | 0,12–0,25 | — | 0,20–0,25 | У7 | 730 | 770 | 700 | — | 280 | — |
| 0,65–0,74 | 0,17–0,33 | 0,17–0,28 | ≤ 0,018 | ≤ 0,025 | 0,12–0,40 | 0,12–0,25 | — | 0,20–0,25 | У7А | | | | | | |
| ¹ Массовая доля Cr, Ni, Cu в зависимости от группы металлопродукции. | | | | | | | | | ² Нагрев до 950°С. | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ ₄ , % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1435–99 | Отжиг | 690–710 | С печью (скорость 50°С/ч) | | не менее | | | | | | — | ≤ 187 | | | |
| | Закалка | 800–820 | Вода | | Не определяются | | | | | | ≥ 62 | — | | | |
| | Термически обработанная металлопродукция | | | ≤ 5 | — | 650 | — | — | — | — | — | | | | |
| ГОСТ 2283–79 | Отожженная лента повышенного качества (ОП) | | | Свыше 1,50 | — | 640 | 10 | — | — | — | — | | | | |
| | Отожженная лента обычного качества | | | До 1,50 | — | 640 | 15 | — | — | — | — | | | | |
| | | | | Свыше 1,50 | — | 740 | 10 | — | — | — | — | | | | |
| | Лента нагартованная обычного качества | | | До 1,50 | — | 740–1180 | — | — | — | — | — | | | | |
| Свыше 1,50 | | | | — | 740–1180 | — | — | — | — | — | | | | | |

| У7, У7А | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------------|--|---|-------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------|---|-------------|-------------------------|-------------|-------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ_4 , % | ψ , % | ККУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10234-77 | Отожженная лента I ^{от} категории качества | | | 0,10–4,00 | — | 780 | 10 | — | — | — | — |
| | Нагартованная лента I ^{от} категории качества | | | 0,10–4,00 | — | 780–1270 | — | — | — | — | — |
| | Отожженная лента высшей категории качества | | | 0,10–4,00 | — | 570 | — | — | — | — | — |
| | Нагартованная лента высшей категории качества | | | 0,10–4,00 | — | 780–930 930–1080 1080–1230 | Г1 ³ Г2 ³ Г3 ³ | — — — | — — — | — — — | — — — |

³ Класс прочности.

Назначение. Инструмент для обработки дерева: топоры, колуны, стамески, долота; пневматический инструмент небольших размеров: зубила, обжимки, бойки; кузнечные штампы; игольная проволока; слесарно-монтажный инструмент: молотки, кувалды, бородки, отвертки, комбинированные плоскогубцы, боковые кусачки, рашпили, зубила, крейцмейсели, пружины, измерительные ленты и др.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | Ударная вязкость, ККУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|-------------------------------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| 630 | 350 | $\sigma_b = 1270$ Н/мм ² | — | — | — | — | — | — | — |

| Теплостойкость | Шлифуемость | Критический диаметр, мм, при закалке | | | |
|--|-------------|--------------------------------------|---------|-----------|-----------------|
| | | В воде | В масле | В селитре | На воздухе |
| 62 HRC, 150–160°C, 1 ч 58 HRC, 200–220°C, 1 ч | Хорошая | 15–20 | 4–6 | 4–6 | Не закаливается |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1150–800 | До 100 | В штабелях на воздухе | До 100 | На воздухе |
| Заготовка | 1180–800 | 101–700 | Отжиг с перекристаллизацией, одно переохлаждение | 101–300 | В яме |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|----------------------------------|
| Не применяется для сварных конструкций. | В отожженном состоянии при 187 HB, $\sigma_b = 630$ Н/мм ² $K_v = 1,2$ (твердый сплав), $K_v = 1,1$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|---|---------|---------|-----------------|-----------------|----|-----------------|-------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----|
| У8, У8А | | Прутки, полосы и мотки — ГОСТ 1435–99. Лента холоднокатаная — ГОСТ 2283–79. Прокат сортовой — ГОСТ 5210–95. Лента стальная плоская — ГОСТ 10234–77. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1435–99 | | | | | | | | | Марка стали | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr ¹ | Ni ¹ | Mo | Cu ¹ | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ² | Mк |
| 0,75–0,84 | 0,17–0,33 | 0,17–0,33 | ≤ 0,028 | ≤ 0,030 | 0,12–0,40 | 0,12–0,25 | — | 0,20–0,25 | У8 | 730 | 765 | 700 | — | 245 | — |
| 0,75–0,84 | 0,17–0,33 | 0,17–0,28 | ≤ 0,018 | ≤ 0,025 | 0,12–0,40 | 0,12–0,25 | — | 0,20–0,25 | У8А | | | | | | |

¹ Массовая доля Cr, Ni, Cu в зависимости от группы металлопродукции.

² Нагрев до 810°С.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ_4 , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | |
|---------------------------------------|--|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------|------------|-------------------------|-----|------|----------|--|--|--|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1435–99 | Отжиг | 690–710 | С печью | — | Не определяются | | | | | | — | ≤ 187 | | | | | |
| | Закалка | 780–800 | Вода | | | | | | | | ≥ 62 | — | | | | | |
| | Термически обработанная металлопродукция | | | ≤ 5 | — | 650 | — | — | — | — | — | | | | | | |
| ГОСТ 2283–79 | Отожженная лента повышенного качества (ОП) | | | Свыше 1,50 | — | 640 | 10 | — | — | — | — | | | | | | |
| | Отожженная лента обычного качества | | | До 1,50 | — | 640 | 15 | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | | | Свыше 1,50 | — | 740 | 10 | — | — | — | — | | | | | |
| Лента нагартованная обычного качества | | | | До 1,50 | — | 740–1180 | — | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | | Свыше 1,50 | — | 740–1180 | — | — | — | — | — | | | | | | |

| У8, У8А | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|------------------------------------|----------------------------------|---|------------|-------------------------|-----------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ_4 , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10234-77 | Отожженная лента 1 ^{ой} категории качества | | | 0,10–4,00 | — | 780 | 8 | — | — | — | — |
| | Нагартованная лента 1 ^{ой} категории качества | | | 0,10–4,00 | — | 740–1270 | — | — | — | — | — |
| | Отожженная лента высшей категории качества | | | 0,10–4,00 | — | 620 | — | — | — | — | — |
| | Нагартованная лента высшей категории качества | | | 0,10–4,00 | — | 780–930 930–1080 1080–1230 | Г1 ³ Г2 ³ Г3 ³ | — | — | — | — |
| ³ Класс прочности. | | | | | | | | | | | |
| <p>Назначение. Инструменты, работающие в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки. Инструмент для обработки дерева: фрезы, зенковки, цековки, топоры, стамески, долота; пилы продольные и дисковые; накатные ролики, плиты и стержни для форм литья под давлением оловянно-свинцовых сплавов; слесарно-монтажный инструмент: обжимки для заклепок, кернеры, бородки, отвертки, комбинированные плоскогубцы, острозубцы, боковые кусачки; калибры простой формы и пониженных классов точности, плоские и витые пружины и пружинящие детали сложной конфигурации, клапаны, шупы, берды, ламели двойных ножей, конструкционные мелкие детали, в т.ч. для часов.</p> | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при залке | | | | | | | |
| | | | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | |
| 62 HRC, 150–160°C, 1 ч | | Хорошая | | 15–20 | | 4–6 | | 4–6 | | Не закаливается | |
| 58 HRC, 200–220°C, 1 ч | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1150–800 | До 100 | В штабелях на воздухе | | | До 100 | На воздухе | | | | |
| Заготовка | 1180–800 | 101–700 | Отжиг с перекристаллизацией, одно переохлаждение | | | 101–300 | В яме | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В горячекатаном состоянии при ≤ 187 HB и $\sigma_B = 580$ Н/мм ² $K_v = 1,12$ (твердый сплав), $K_v = 1,0$ (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|---------------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----|
| У9, У9А | | Прутки, полосы и мотки — ГОСТ 1435–99. Прокат сортовой — ГОСТ 5210–95. Лента стальная плоская — ГОСТ 10234–77. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1435–99 | | | | | | | | Марка стали | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr ¹ | Ni ¹ | Cu ¹ | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ² | Mк |
| 0,85–0,94 | 0,17–0,33 | 0,17–0,33 | ≤ 0,028 | ≤ 0,030 | 0,12–0,40 | 0,12–0,25 | 0,20–0,25 | У9 | 740 | 760 | 700 | — | 190 | — |
| 0,85–0,94 | 0,17–0,33 | 0,17–0,28 | ≤ 0,018 | ≤ 0,025 | 0,12–0,40 | 0,12–0,25 | 0,20–0,25 | У9А | | | | | | |
| ¹ Массовая доля Cr, Ni, Cu в зависимости от группы металлопродукции. | | | | | | | | ² Нагрев до 800°С. | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ ₄ , % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 1435–99 | Отжиг | 690–710 | С печью (скорость 50°С/ч) | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 192 | | | |
| | Закалка | 770–800 | Вода | Образцы | | | | | | ≥ 62 | — | | | |
| | Термически обработанная металлопродукция | | | ≤ 5 | — | 650 | — | — | — | — | — | | | |
| ГОСТ 10234–77 | Отожженная лента 1 ^{ой} категории качества | | | 0,10–4,00 | — | 780 | 8 | — | — | — | — | | | |
| | Нагартованная лента 1 ^{ой} категории качества | | | 0,10–4,00 | — | 740–1270 | — | — | — | — | — | | | |
| | Отожженная лента высшей категории качества | | | 0,10–4,00 | — | 620 | — | — | — | — | — | | | |
| | Нагартованная лента высшей категории качества | | | 0,10–4,00 | — | 780–930 | Г1 ³ | — | — | — | — | | | |
| | | | | | — | 930–1080 | Г2 ³ | — | — | — | — | | | |
| | | | | | — | 1080–1230 | Г3 ³ | — | — | — | — | | | |

| У9, У9А | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------|--|---|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------|------------|-------------------------|------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ_4 , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ДЦ | Отожженная лента повышенного качества (ОП) | | | Свыше 1,50 | — | 640 | 10 | — | — | — | — |
| | Отожженная лента обыкновенного качества | | | До 1,50 | — | 640 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 1,50 | — | 740 | 10 | — | — | — | — |
| | Лента нагартованная обыкновенного качества | | | До 1,50 | — | 740–1180 | — | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 1,50 | — | 740–1180 | — | — | — | — | — |
| | Закалка | 760–780 | Вода | Образцы | — | — | — | — | — | ≥ 62 | — |
| | Отпуск | 150–160 | Воздух | | — | — | — | — | — | ≥ 58 | |
| | Закалка | 760–780 | Вода | | — | — | — | — | — | — | |
| Отпуск | 200–220 | Воздух | — | | — | — | — | — | — | | |

³ Класс прочности.

Назначение. Инструмент, работающий в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки. Инструмент для обработки дерева: фрезы, зенковки, цековки, топоры, стамески, долота; продольные и дисковые пилы. Накатные ролики, плиты и стержни для форм литья под давлением оловянно-свинцовых сплавов. Калибры простой формы и пониженных классов точности. Плоские и витые пружины и пружинящие детали сложной конфигурации, клапаны, шупы, берды, ламели двойных ножей, конструкционные мелкие детали, в том числе для часов и т.д., из холоднокатаной термообработанной ленты толщиной от 0,02 до 2,5 мм (лента выпускается по ГОСТ 21996–76 и ряду специальных технических условий).

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

| Теплостойкость | Шлифуемость | Критический диаметр, мм, при закалке | | | |
|--|-------------|--------------------------------------|---------|-----------|-----------------|
| | | В воде | В масле | В селитре | На воздухе |
| 62 HRC, 150–160°C, 1 ч 58 HRC, 200–220°C, 1 ч | Хорошая | 15–20 | 4–6 | 4–6 | Не закаливается |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1125–750 | До 100 | Замедленное на воздухе | | |
| Заготовка | | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|----------------------------------|
| Не применяется для сварных конструкций. | В отожженном состоянии при 200 HB, $\sigma_b = 630$ Н/мм ² , $K_v = 1,2$ (твердый сплав), $K_v = 1,1$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----|
| У10, У10А | | Прутки, полосы и мотки — ГОСТ 1435–99. Лента холоднокатаная — ГОСТ 2283–79. Прокат сортовой — ГОСТ 5210–95. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1435–99 | | | | | | | | | Марка стали | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr ¹ | Ni ¹ | Mo | Cu ¹ | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ² | Mк |
| 0,95–1,09 | 0,17–0,33 | 0,17–0,33 | ≤ 0,028 | ≤ 0,030 | 0,12–0,40 | 0,12–0,25 | — | 0,20–0,25 | У10 | 730 | 800 | 700 | — | 210 | — |
| 0,95–1,09 | 0,17–0,33 | 0,17–0,28 | ≤ 0,018 | ≤ 0,025 | 0,12–0,40 | 0,12–0,25 | — | 0,20–0,25 | | | | | | | |
| ¹ Массовая доля Cr, Ni, Cu в зависимости от группы металлопродукции. | | | | | | | | | ² Нагрев до 800°С. | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ ₄ , % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1435–99 | Отжиг | 750–770 | С печью (скорость 50°С/ч) | — | Не определяются | | | | | | — | ≤ 207 | | | |
| | Закалка | 770–800 | Вода | — | не менее | | | | | | ≥ 62 | — | | | |
| | Термически обработанная металлопродукция | | | ≤ 5 | — | 750 | — | — | — | — | — | | | | |
| | Отжиг или отпуск | | | Прутки для сердечников | — | — | — | — | — | — | ≤ 269 | | | | |
| | Закалка | | | | — | — | — | — | — | — | ≥ 64 | — | | | |
| ГОСТ 2283–79 | Отожженная лента повышенного качества (ОП) | | | От 0,10 до 4,00 | — | 680 | 10 | — | — | — | — | | | | |
| | Отожженная лента обычного качества | | | От 0,10 до 4,00 | — | 740 | 10 | — | — | — | — | | | | |
| | Лента нагартованная | | | От 0,10 до 4,00 | — | 740–1180 | — | — | — | — | — | | | | |
| Назначение. Инструменты, работающие в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки. Инструмент для обработки дерева: пилы ручные поперечные и стовлярные, пилы машинные стовлярные, сверла спиральные, штампы для холодной штамповки вытяжные, обрезающие и вырубные небольших размеров и без резких переходов по сечению, калибры простой формы и пониженных классов точности, шаберы слесарные, напильники, накатные ролики, сердечники, игольная проволока, плоские и витые пружины и пружинистые детали сложной конфигурации, клапаны, шупы, берды, ламели двонильных ножей и др. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | |
| 62 HRC, 150–160°С, 1 ч 58 HRC, 200–250°С, 1 ч | | | | Хорошая | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | |
| | | | | 15–20 | | 4–6 | | 4–6 | | Не закаливается | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток | 1150–800 | До 100 | В штабелях на воздухе | | | До 100 | На воздухе | | | | | | | | |
| Заготовка | 1180–800 | 101–150 | В ящиках | | | | | | | | | | | | |
| | | 151–700 | Отжиг неполный, одно переохлаждение | | | 101–300 | В яме | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обработываемость резанием | | | | Флоксочувствительность | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при 197 HB и σ _в = 550 Н/мм ² K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 1,0 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| У12, У12А | | Прутки, полосы и мотки — ГОСТ 1435–99. Прокат сортовой — ГОСТ 5210–95. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1435–99 | | | | | | | | | Марка стали | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr ¹ | Ni ¹ | Mo | Cu ¹ | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ² | Mk ² |
| 1,10–1,29 | 0,17–0,33 | 0,17–0,33 | ≤ 0,028 | ≤ 0,030 | 0,12–0,40 | 0,12–0,25 | — | 0,20–0,25 | У12 | 730 | 820 | 700 | — | 200 | – 20 |
| 1,10–1,29 | 0,17–0,33 | 0,17–0,28 | ≤ 0,018 | ≤ 0,025 | 0,12–0,40 | 0,12–0,25 | — | 0,20–0,25 | У12А | | | | | | |
| ¹ Массовая доля Cr, Ni, Cu в зависимости от группы металлопродукции. | | | | | | | | | ² Нагрев до 780°С. | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1435–99 | Отжиг | 750–770 | С печью (скорость 50°С/ч) | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 212 | | | | |
| | Закалка | 760–790 | Вода | — | | | | | | ≥ 63 | — | | | | |
| | Термически обработанная металлопродукция | | | ≤ 5 | — | 750 | — | — | — | — | — | | | | |
| | Отжиг или отпуск | | | Прутки для сердечников | — | — | — | — | — | — | — | ≤ 269 | | | |
| | Закалка | | | | — | — | — | — | — | — | — | ≥ 64 | — | | |
| Назначение. Метчики ручные, пилы, рашпили, шаберы слесарные, штампы для холодной штамповки обрезающие и вырубные небольших размеров и без резких переходов по сечению, холодно-высадочные пуансоны и штемпели небольших размеров, калибры простой формы и невысоких классов точности, пресс-формы для пластмасс, сердечники и др. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | |
| | | | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | | | |
| 62 HRC, 150–160°С, 1 ч 58 HRC, 200–250°С, 1 ч | | Хорошая | | 10–12 | | 4–6 | | 4–6 | | Не закаливается | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток Заготовка | 1150–800 1160–800 | До 100 | В штабелях на воздухе | | | До 100 | В штабелях на воздухе | | | | | | | | |
| | | 101–150 | В ящиках | | | 101–150 | В ящиках | | | | | | | | |
| | | 151–700 | Отжиг неполный, одно переохлаждение | | | 151–700 | Отжиг неполный, одно переохлаждение | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В отожженном состоянии при 207 HB и σ _b = 630 Н/мм ² K _v = 1,0 (твердый сплав), K _v = 0,9 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------------------|----------------------------|---|---|------------------------------------|---------|----------------------------------|-------------------------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| 9ХС | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | V | W | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ | Mk ¹ | |
| 0,85–0,95 | 1,20–1,60 | 0,30–0,60 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 0,95–1,25 | ≤ 0,40 | ≤ 0,20 | ≤ 0,03 | ≤ 0,15 | ≤ 0,20 | ≤ 0,30 | 770 | 870 | 730 | — | 160 | – 30 | |
| ¹ Нагрев до 875°С. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 790–810 | В печи со скоростью 30°С/ч | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 241 | | | | | | | |
| | Закалка | 840–860 | Масло | Образцы | | | | | | ≥ 62 | — | | | | | | | |
| ДЦ | Изотермический отжиг 790–810°С Выдержка при 710°С | | | Образцы | 295–390 | 590–690 | — | 50–60 | — | — | 197–241 | | | | | | | |
| | Закалка | 870 | Масло | До 40 | — | — | — | — | 78 | 59–63 | — | | | | | | | |
| | Отпуск | 180–240 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 450–500 ² | Воздух | До 30 | — | — | — | — | — | 46–50 | — | | | | | | | |
| | Закалка | 840–860 | Масло | Образцы | — | — | — | — | — | 63–64 | — | | | | | | | |
| | Отпуск | 170–200 | Воздух | | | | | | | | | — | — | — | — | — | 59–63 | — |
| | | 200–300 | Воздух | | | | | | | | | — | — | — | — | — | 53–59 | — |
| | | 300–400 | Воздух | | | | | | | | | — | — | — | — | — | 48–53 | — |
| 400–500 | | Воздух | — | | | | | | | | | — | — | — | — | 39–48 | — | |
| Отпуск | 500–600 | Воздух | — | — | — | — | — | 39–48 | — | | | | | | | | | |
| ² Температура отпуска рекомендуется для цапг и других деталей пружинного типа. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Сверла, развертки, метчики, плашки, гребенки, фрезы, штемпели, машинные штампы, клейма для холодных работ и другой инструмент для ручной работы. Ответственные детали, материал которых должен обладать повышенной износостойкостью, усталостной прочностью при изгибе, кручении, контактно нагружении, а также упругими свойствами. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | | | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | | | | | |
| 62 HRC, 150–160°С, 1 ч | | Удовлетворительная | | | — | | 15–50 | | 12–35 | | Не закаливается | | | | | | | |
| 58 HRC, 240–250°С, 1 ч | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | | | | |
| Слиток | 1180–800 | До 220 | | В колодце | | До 220 | | В колодце | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1180–800 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прокаливаемость | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Расстояние от торца, мм | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | | | | | | | | |
| HRC | | 62 | 55 | 35,5 | 31 | 29 | 27 | 25 | 24 | 23 | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. Допустима – КТ. | | | | В горячекатаном состоянии при ≥ 221 HB K _v = 0,9 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонна | | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------------------|--|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|-----------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ХВГ | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | W | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ | Mk ² |
| 0,90–1,05 | 0,10–0,40 | 0,80–1,10 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 0,90–1,20 | ≤ 0,40 | ≤ 0,30 | 1,20–1,60 | ≤ 0,30 | 750 | 940 | 710 | — | 210 | – 50 |
| | | | | | | | | | | ¹ Нагрев до 850°С. | | | | | |
| | | | | | | | | | | ² Нагрев до 820°С. | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 770–790 | С печью со скоростью 30°С/ч | — | не менее | | | | | — | ≤ 255 | | | | |
| | Закалка | 820–840 | Масло | Образцы | Не определяются | | | | | ≥ 60 | — | | | | |
| | Отпуск | 180 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Изотермический отжиг | 780–800 | С печью со скоростью 50°С/ч до 670–720°С, выдержка 2–3 ч; с печью со скоростью 50°С/ч до 550°С; воздух | Образцы | Не определяются | | | | | — | ≤ 255 | | | | |
| | Подогрев | 650–700 | Масло | Образцы | Не определяются | | | | | 62–63 | — | | | | |
| | Закалка | 830–850 | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 150–200 | | | | | | | | | | Воздух | | | |
| | Подогрев | 650–700 | Масло | Образцы | Не определяются | | | | | 58–62 | — | | | | |
| | Закалка | 830–850 | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 200–300 | | | | | | | | | | Воздух | | | |
| Закалка на мелкое зерно | Отпуск | 150–160 | | | Место вырезки образца – ½ R | | | | | | | | | | |
| | | | | | 16 | — | — | — | — | 40 | 63 | — | | | |
| | | | | | 25 | — | — | — | — | 30 | 63 | — | | | |
| | | | | | 50 | — | — | — | — | 20 | 62 | — | | | |
| | | | | | 100 | — | — | — | — | 15 | 60 | — | | | |

| ХВГ | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|---|-----------|-----------|----------------------------------|--------------------|---------|----------------|---------|---|
| Назначение. Измерительный и режущий инструмент, для которого повышенное коробление при закалке недопустимо, резьбовые калибры, протяжки, длинные метчики, длинные развертки, плашки и другого вида специальный инструмент, холодновысадочные матрицы и пуансоны, технологическая оснастка. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Теплостойкость | Шлифуемость | Критическая твердость HRC | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | |
| | | | В воде | В масле | В селитре | На воздухе | | | | | |
| 62 HRC, 150–170°C, 1 ч | Удовлетворительная при 54–56 HRC | 60 | — | 15–70 | 15–40 | — | | | | | |
| 58 HRC, 200–220°C, 1 ч | Пониженная при 58–60 HRC | | — | 15–70 | 15–40 | — | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1150–800 | До 400 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | До 300 | В яме | | | | |
| Заготовка | 1180–800 | | | | | | | | | | |
| Прокаливаемость | | | | | | | | | | | |
| Расстояние от торца, мм | 2,6 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 45 | |
| HRC | 64–66 | 61,5–65,5 | 56–65 | 48,5–64,5 | 40,5–62 | 37,5–59 | 36,5–54,5 | 37–50,5 | 35–46,6 | 34–42,5 | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | В горячекатаном состоянии при 235 НВ и $\sigma_b = 780$ Н/мм ² K _v = 0,75 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | Мало склонна | | | | | |

СТАЛИ ШТАМПОВЫЕ

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------------------------------|--|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----|-----|
| 4ХМФС (40ХСМФ) | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| 0,37–0,45 | 0,50–0,80 | 0,50–0,80 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 1,50–1,80 | ≤ 0,40 | 0,90–1,20 | 0,30–0,50 | ≤ 0,30 | 760 | 805 | 630 | 710 | 280 | 100 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 810–830 | С печью 40–50°С/ч до 600°С, далее воздух | — | не менее | | | | | | — | ≤ 241 | | | |
| | Закалка | 920–930 | Масло | Образцы | — | — | — | — | — | — | ≥ 55 | — | | | |
| ДЦ | Закалка а) подогрев б) окончательный нагрев | 700–750 910–930 | Масло | — | Не определяются | | | | | | 53–55 | — | | | |
| | 1-й отпуск | 580–620 | | | — | — | — | — | — | — | | | 43–46 | — | |
| | 2-й отпуск | 550–580 | — | Не определяются | | | | | | | 38–42 | — | | | |
| | 1-й отпуск | 630–660 | | — | Не определяются | | | | | | | | 38–42 | — | |
| | 2-й отпуск | 550–580 или 580–600 | — | | Не определяются | | | | | | 38–42 | — | | | |
| | Закалка | 910–930 | | Масло | До 300 | Молотовые штампы | | | | | | | 40–45 | — | |
| | Отпуск | 580–600 | — | | | — | — | — | — | — | — | 40–45 | | | — |
| | Закалка | 910–930 | | Масло | Свыше 300 | | | | | | | | Прессовые штампы | | |
| Отпуск | 600–620 | — | — | | | — | — | — | — | — | 38–41 | — | | | |
| Закалка | 920–950 | | | Масло | До 300 | | | | | | | | Прессовые штампы | | |
| Отпуск | 530–550 | — | — | | | — | — | — | — | — | 45–47 | — | | | |
| Закалка | 920–950 | | | Масло | Свыше 300 | | | | | | | | Прессовые штампы | | |
| Отпуск | 580–600 | — | — | | | — | — | — | — | — | 42–44 | — | | | |

Назначение. Молотовые штампы паровоздушных и пневматических молотов с массой падающих частей до 29420 Н при деформации легированных конструкционных и нержавеющей сталей (вместо менее теплостойких сталей марок 5ХНМ, 5ХНВ), прессовый инструмент для обработки алюминиевых сплавов.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

| Теплостойкость | Шлифуемость | Критический диаметр, мм, при закалке | | | |
|--------------------|-------------|--------------------------------------|---------|-----------|------------|
| | | В воде | В масле | В селитре | На воздухе |
| 41 HRC, 650°С, 4 ч | — | — | — | — | — |

| Технологические характеристики | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1150–850 | — | Замедленное в колодце | — | В колодце |
| Заготовка | 1150–850 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность | |
|---|--|-------------------------|----------------------------------|
| | | Не чувствительна | Склонность к отпускной хрупкости |
| Не применяется для сварных конструкций. | В закаленном и отпущенном состоянии при σ _B = 1450 Н/мм ² K _v = 0,35 (твердый сплав), K _v = 0,13 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|--|
| 5ХГМ | | Поковки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | |
| 0,50–0,60 | 0,25–0,65 | 1,20–1,60 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 0,60–0,90 | ≤ 0,35 | 0,15–0,30 | — | ≤ 0,30 | 700 | 800 | — | 700 | 215 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | 820–850 | С печью | — | не менее | | | | | — | ≤ 241 | | | | |
| | Закалка | 820–850 | Масло | — | Не определяются | | | | | ≥ 50 | — | | | | |
| | Закалка | 840–860 | Масло | — | Не определяются | | | | | — | — | | | | |
| | Отпуск | 450–510 | Воздух | | Не определяются | | | | | — | 420–477 | | | | |
| | Отпуск | 500–550 | Воздух | | Не определяются | | | | | — | 341–387 | | | | |
| | Отпуск | 560–600 | Воздух | | Не определяются | | | | | — | 286–321 | | | | |
| | Закалка | 820–850 | Масло | | До 100 | — | 1570 | 5 | 15 | 20 | 43–47 | — | | | |
| | Отпуск | 410–440 | Воздух | | 100–300 | — | 1420 | 10 | — | — | — | 387–444 | | | |
| | Отпуск | 490–520 | Воздух | | 300–400 | — | 1250 | 10 | 32 | 44 | — | 363–387 | | | |
| | Отпуск | 530–560 | Воздух | | 300–400 | — | 1250 | 10 | 32 | 44 | — | 363–387 | | | |
| | Закалка ¹ | 820–850 | Масло | | До 300 | Для молотовых штампов | | | | | 40–45 | — | | | |
| | Отпуск | 480–520 | Воздух | | | Не определяются | | | | | | | | | |
| | Закалка | 820–850 | Масло | | > 300 | Для прессовых штампов | | | | | 38–41 | — | | | |
| | Отпуск | 520–560 | Воздух | | | Не определяются | | | | | | | | | |
| | Закалка | 840–870 | Масло | | До 300 | Для прессовых штампов | | | | | 45–47 | — | | | |
| Отпуск | 420–450 | Воздух | Не определяются | | | | | | | | | | | | |
| Закалка | 840–870 | Масло | > 300 | | Для прессовых штампов | | | | | 42–44 | — | | | | |
| Отпуск | 450–480 | Воздух | | Не определяются | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | 580–610 | | До 300 | Хвостовики штампов | | | | | 34–37 | — | | | | | |
| Отпуск | 600–630 | | | > 300 | Не определяются | | | | | | 28–33 | | | | |
| ¹ Для крупных штампов при большом количестве остаточного аустенита целесообразно проведение 2 ^{го} отпуска при температуре на 30–40°С ниже и по продолжительности на 25–30% короче первого. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Ковочные штампы для горячей штамповки. Валки крупных, средних и мелкосортных станов для прокатки твердого металла (применяют взамен сталей 5ХНМ, 5ХНВ). | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | — | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | — | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных из слитков | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| | | | из заготовок | | | | | | | | | | | | |
| Слиток | 1200–850 | 1. Особо ответственные штамповые кубики и детали прессов 500–800 2. Штамповые кубики до 800 3. Протяжки до 400 | 1. Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск 2. Отжиг с перекристаллизацией, одно переохлаждение, отпуск 3. Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | До 100 | На воздухе | | | | | | |
| Заготовка | 1180–850 | | 101–350 | В яме | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В горячекатаном состоянии при ≥ 207 НВ и σ _B = 902 Н/мм ² K _v = 0,6 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонна | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|--|--|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|--|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| 7ХГ2ВМФ | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,68–0,76 | 0,10–0,40 | 1,80–2,30 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 1,50–1,80 | ≤ 0,40 | 0,50–0,80 | 0,10–0,25 | 0,55–0,90 | 765 | 825 | 310 | 430 | 160 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | σ _н , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 770–790 | С печью 40°С/ч до 550°С, далее воздух | — | Не определяются | | | | | | | — | ≤ 255 | |
| | Закалка | 840–880 | Воздух | — | Не определяются | | | | | | | ≥ 58 | — | |
| ДЦ | Закалка | | | — | Не определяются | | | | | | | 61–62 | — | |
| | а) подогрев | 650–700 | Масло или воздух | | | | | | | | | | | |
| | б) окончательный нагрев | 850–860 | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск (1,5 ч) | 140–160 200 | Воздух Воздух | — | Не определяются | | | | | | | 59–60 57–58 | — | |
| Закалка | | | Прокат 50 | — | — | 2000–2500 | — | — | — | 60 | — | | | |
| Отпуск | | | | — | — | 2500–2600 | — | — | — | 57–58 | | | | |
| Назначение. Штампы объемного холодного деформирования и вырубной инструмент сложной конфигурации, используемые при производстве изделий из цветных сплавов и малопрочных конструкционных сталей. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , после отпуска, при t, °С | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 150 | + 250 | + 300 | + 350 | + 400 | | | | | | |
| 700 | — | 10 ⁶ | 470 НВ | 59 | 78 | 59 | 59 | 157 | Закалка на мелкое зерно. (Повокка сечением 25 мм). | | | | | |
| 750 | — | 10 ⁷ | 530 НВ | | | | | | | | | | | |
| Теплостойкость | | | Сечение, мм | 15 | 25 | 50 | 100 | Закалка на мелкое зерно. Отпуск 150–160°С (место вырезки образцов – 1/2 R). | | | | | | |
| | | | КСУ, Дж/см ² | 50 | 45 | 40 | 36 | | | | | | | |
| 250°С | | | HRC | 60 | 60 | 59 | 59 | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1160–800 | | Замедленное в колоде | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокочувствительность | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В закаленном и отпущенном состоянии при σ _в = 1400 Н/мм ² K _v = 0,37 (твердый сплав), K _v = 0,15 (быстрорежущая сталь) | | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|-----------------------------------|---|---|------------------------------------|-----------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----|---------|
| 5XHM | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | |
| 0,50–0,60 | 0,10–0,40 | 0,50–0,80 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 0,50–0,80 | 1,40–1,80 | 0,15–0,30 | — | ≤ 0,30 | 730 | 780 | 610 | 640 | 230 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 810–830 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 241 | | | | |
| | Закалка | 830–860 | Масло | — | Не определяются | | | | | ≥ 56 | — | | | | |
| | Закалка | 850 | Масло | — | | | | | | ≥ 35 | — | | | | |
| | Отпуск | 550 | Воздух | — | | | | | | — | — | | | | |
| ДЦ | Закалка | 840–860 | Масло или вода – масло | — | Не определяются | | | | | — | 420–477 | | | | |
| | Отпуск | 450–510 | Воздух | | | | | | | | | — | 341–387 | | |
| | Отпуск | 500–550 | Воздух | | | | | | | | | | | — | 286–321 |
| | Отпуск | 560–600 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Молотовые штампы паровоздушных и пневматических молотов с массой падающих частей свыше 29420 Н, прессовые штампы и штампы машинной скоростной штамповки при горячем деформировании легких цветных сплавов; блоки матриц для вставок горизонтально-ковочных машин. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | — | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | — | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | |
| 590°С | | — | | В воде | | | В масле | | | В селитре | | | На воздухе | | |
| — | | — | | — | | | — | | | — | | | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1240–800 | Особо ответственные штамповые кубики и детали прессов 500–800 | | | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | | До 100 | | | На воздухе | | | | |
| Заготовка | 1240–800 | Штамповые кубики до 800 Протяжки до 400 | | | Отжиг с перекристаллизацией, одно переохлаждение, отпуск Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | 101–350 | | | В яме | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при 286 HB и σ _b = 900 Н/мм ² K _v = 0,6 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----|-----|---|---|---|-----|---------|--|--|
| 5ХНМ2 | | Поковки — ТУ 108.11.917–87. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.11.917–87 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | | | | | | | |
| 0,50–0,60 | 0,15–0,35 | 0,50–0,80 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 0,70–1,10 | 1,40–1,80 | 0,35–0,45 | — | ≤ 0,30 | — | — | — | — | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | t испытания, °С | НВ | | | | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.917–87 | Состояние поставки | | | — | Не определяются | | | | | | ≤ 255 | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 840–860 | Масло | — | Не определяются | | | | | | | 420–477 | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 450–510 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 500–550 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск (Режим I) | 560–600 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 850–870 | Масло | | | | | | | | | | | — | — | — | — | — | 20 | 341–421 | | |
| | Отпуск (Режим II) | 470–500 | С печью | | | | | | | | | | До 700 ¹ | 882 | 960 | 8 | — | — | 400 | — | | |
| | | | | 833 | 931 | 9 | — | — | 450 | — | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Особо ответственные ковочные штампы для горячей штамповки (режим I). Детали прессового инструмента (контейнеров) с повышенными требованиями по прочности, работающие при температуре до 450°С (режим II). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | | | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | | | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | | | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | | | В колодце | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В состоянии поставки при 255 НВ К _v = 0,63 (твердый сплав) | | | | Не чувствительна | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|-----------|-------------------------|--|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| 3Х2В8Ф | | Сортовой прокат — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,30–0,40 | 0,15–0,40 | 0,15–0,40 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 2,20–2,70 | ≤ 0,35 | ≤ 0,50 | 0,20–0,50 | 7,50–8,50 | ≤ 0,30 | 800 | 860 | 690 | 750 | 380 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Прутки и полосы отожженные или высокоотпущенные | | | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 241 | | | | |
| | Закалка | 1075–1125 | Масло | Образцы | Не определяются | | | | | ≥ 48 | — | | | | |
| | Подогрев | 840–860 | — | — | Не определяются | | | | | 39–44 ¹ | — | | | | |
| | Закалка | 1120–1160 | Масло | Образцы | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 660–680 | Воздух | Образцы | | | | | | | | | | | |
| | Подогрев | 840–860 | — | — | Не определяются | | | | | 41–44 ² | — | | | | |
| | Закалка | 1070–1100 | Масло | Образцы | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 620–650 | Воздух | Образцы | | | | | | | | | | | |
| Закалка | 1080–1100 | Масло или воздух | До 400 | Не определяются | | | | | — | 402–475 | | | | | |
| Отпуск | 580–590 | С печью | | | | | | | | | | | | | |
| | | 540–550 | С печью | Не определяются | | | | | 43–47 | — | | | | | |
| Подогрев | 700–750 | — | Образцы | | | | | | | | | | | | |
| Закалка | 1130–1150 | Масло | Образцы | | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | 640–660 | Воздух | Образцы | Не определяются | | | | | 43–47 | — | | | | | |
| | 600–620 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| Закалка | 1150 | Масло | Образцы | Не определяются | | | | | — | HV 1130–1150 ³ HV 1130–1150 ⁴ | | | | | |
| Отпуск | 620 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| Азотирование | 530 | — | | | | | | | | | | | | | |

¹ Обработка на повышенную теплостойкость.

² Обработка на повышенную прочность и разгароустойчивость.

³ Степень диссоциации аммиака 25–30%: 3 ч, толщина слоя 0,07–0,08 мм.

⁴ Степень диссоциации аммиака 25–30%: 6 ч, толщина слоя 0,10–0,12 мм.

| 3Х2В8Ф | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|----------------------------------|------------------------------------|------|------|------|----------------|
| Назначение. Тяжелонагруженный прессовый инструмент (мелкие вставки окончательного штампового ручья, матрицы и пуансоны для выдавливания и т.д.) при горячем деформировании легированных конструкционных сталей и жаропрочных сплавов, пресс-формы литья под давлением медных сплавов. | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Теплостойкость | Шлифуемость | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | |
| | | В воде | В масле | В селитре | На воздухе | | | | |
| 44–50 HRC, 630–650°C, 3 ч | — | — | — | — | — | | | | |
| Жаростойкость | | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Длительность, ч | Глубина коррозии, мм/год | Балл стойкости | | | | | |
| Воздух | 500 | 4 | 0,0705 | 3 | | | | | |
| Воздух | 600 | 1 | 0,193 | 6 | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | | | | | До 700°C на воздухе, далее в песке | | | | |
| Заготовка | 1200–900 | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | При 200–220 НВ и $\sigma_b = 710$ Н/мм ² K _v = 0,9 (твердый сплав), K _v = 0,45 (быстрорежущая сталь) | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | Склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|--|---|---|------------------------------------|--------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|---|---|---|---|---|---|-------|---|
| 3Х2МНФ | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | | | | | | | |
| 0,27–0,33 | 0,10–0,40 | 0,30–0,60 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 2,00–2,50 | 1,20–1,60 | 0,40–0,60 | 0,25–0,40 | ≤ 0,30 | 780 | 830 | — | — | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 700–720 | С печью 50°С/ч, до 500°С, далее воздух | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ≤ 255 | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 900 | Масло | — | — | — | — | — | — | — | — | 44 | — | | | | | | | | | |
| | | 950 | | | | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | |
| | | 1000 | | | | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | |
| | | 1050 | | | | | | | | | | 49 | | | | | | | | | | |
| | Закалка ¹ | 910–930 | Масло или воздух | | | | | | | | | < 300 | Для молотов | | | | | | | | 40–45 | — |
| | | | | | | | | | | | | | Отпуск | 540–560 | — | — | — | — | — | — | | |
| | Закалка ¹ | 910–930 | Масло или воздух | | | | | | | | | > 300 | Для прессов | | | | | | | | 38–41 | — |
| | | | | | | | | | | | | | Отпуск | 560–580 | — | — | — | — | — | — | | |
| | Закалка ¹ | 920–950 | Масло или воздух | | | | | | | | | < 300 | Для прессов | | | | | | | | 45–47 | — |
| | | | | | | | | | | | | | Отпуск | 530–550 | — | — | — | — | — | — | | |
| | Закалка ¹ | 920–950 | Масло или воздух | | | | | | | | | > 300 | Для прессов | | | | | | | | 42–44 | — |
| | | | | | | | | | | | | | Отпуск | 540–560 | — | — | — | — | — | — | | |
| Отпуск | 620–640 | | < 300 | Для хвостовиков штампов | | | | | | | | 34–37 | — | | | | | | | | | |
| | | | | Отпуск | 640–660 | — | — | — | — | — | — | | | — | | | | | | | | |
| Релаксация напряжений при 450°С за 1000 ч составляет 20% от начального напряжения σ ₀ = 750 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Релаксация напряжений при 500°С за 1000 ч составляет 45,3% от начального напряжения σ ₀ = 750 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Релаксация напряжений при 500°С за 1000 ч составляет 45% от начального напряжения σ ₀ = 600 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Нагрев до температуры закалки со скоростью 35–25°С/ч для штампов высотой 250–400 мм и 24–15°С/ч – высотой 450–700 мм. Штампы со стороны до 250–300 мм, имеющие простую форму, охлаждаются в масле; сложной формы – на воздухе. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Прессовый инструмент: втулки контейнеров, пресс-штемпели, матрицы, иглы, контейнеры и другие детали прессов усилием до 196 МН и другие детали, работающие при температурах до 500°С. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | — | | | – 40 | – 20 | 0 | + 20 | + 450 | + 500 | — | | | | | | | | | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| — | | — | | | В воде | | | В масле | | | В селитре | | На воздухе | | | | | | | | | |
| — | | — | | | — | | | — | | | — | | — | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Слиток | 1200–850 | | — | | | | — | | | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1200–850 | | — | | | | — | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | | | | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при ≤ 255 НВ K _v = 1,0 (твердый сплав), K _v = 0,7 (быстрорежущая сталь). | | | | Чувствительна | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Мало склонна | | | | | | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|----|
| 5Х2МНФ (ДИ 32) | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| 0,46–0,53 | 0,10–0,40 | 0,40–0,70 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 1,50–2,00 | 1,20–1,60 | 0,80–1,10 | 0,30–0,50 | 740 | 815 | 650 | 730 | 210 | 40 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Высокий отпуск | 720–740 | С печью 50°С/ч, до 500°С, далее воздух | | — | — | — | — | — | — | ≤ 255 | | | |
| | Закалка | 970 | Масло | | — | — | — | — | — | ≥ 44 | — | | | |
| | Отпуск | 550 | Воздух | | — | — | — | — | — | ≥ 56 | — | | | |
| ДЦ | Закалка | 960–980 | Масло | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| | а) подогрев | 700–750 | | | — | — | — | — | — | 58–59 | — | | | |
| | б) окончательный нагрев | 960–980 | Масло | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| | Отпуск ¹ | 590–610 | Воздух | | — | — | — | — | — | 45–48 | — | | | |
| | Отпуск ¹ | 650–670 | Воздух | | — | — | — | — | — | 40–42 | — | | | |
| | Закалка | 950 | Масло | | — | — | — | — | — | — | 59 | — | | |
| | | 1000 | | 60 | — | | | | | | | | | |
| | | 1050 | | 61 | — | | | | | | | | | |
| | | 1100 | | 58 | — | | | | | | | | | |
| | Закалка ² | 960–980 | Масло | < 300 | Для молотов | | | | | 40–45 | — | | | |
| | | | | | Отпуск | 600–620 | Воздух | — | — | | | — | — | |
| | Закалка ² | 960–980 | Масло | > 300 | Для прессов | | | | | 38–41 | — | | | |
| | | | | | Отпуск | 620–640 | Воздух | — | — | | | — | — | |
| | Закалка ² | 970–1000 | Масло | < 300 | Для прессов | | | | | 45–47 | — | | | |
| | | | | | Отпуск | 580–600 | Воздух | — | — | | | — | — | |
| Закалка ² | 970–1000 | Масло | > 300 | Для прессов | | | | | 42–44 | — | | | | |
| | | | | Отпуск | 600–620 | Воздух | — | — | | | — | — | | |
| Отпуск | 640–660 | Воздух | < 300 | Для хвостовиков штампов | | | | | 34–37 | — | | | | |
| | | | | Отпуск | 660–680 | Воздух | > 300 | — | | | — | — | — | |

¹ Температура второго отпуска 550–580°С.

² Нагрев до температуры закалки со скоростью 35–25°С/ч для штампов высотой 250–400 мм и 24–15°С/ч – высотой 450–700 мм. Штампы со стороной до 250–300 мм, имеющие простую форму, охлаждаются в масле; сложной формы – на воздухе.

Назначение. Крупногабаритные цельные штампы (со стороны квадрата или диаметром до 600 мм) для штамповки поковок из конструкционных сталей и жаропрочных сплавов на молотах и кривошипных прессах (вместо менее теплостойких сталей 5ХНМ, 4ХМФС), инструменты зажимные и формирующие вставки, наборные и формовочные пуансоны для высадки конструкционных сталей и жаропрочных сплавов на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ), ножи горячей резки и др.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------|---|---|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — |

| Теплостойкость | Шлифуемость | Критический диаметр, мм, при закалке | | | |
|----------------|-------------|--------------------------------------|---------|-----------|------------|
| | | В воде | В масле | В селитре | На воздухе |
| 670°С | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–850 | | Замедленное в колодце | | |
| Заготовка | | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность | |
|---|---|----------------------------------|--|
| | | Мало чувствительна | |
| | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| Не применяется для сварных конструкций. | В отожженном состоянии при ≤ 255 HB K _v = 0,64 (твердый сплав) | Мало склонна | |
| | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|------------------------------|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 27X2H2M1Ф | | Поковки — ТУ 24-1-12-180-75. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 24-1-12-180-75 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,25–0,30 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 2,00–2,50 | 1,40–1,80 | 0,80–1,00 | 0,20–0,30 | 710 | 820 | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | t испытания, °С | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ТУ 24-1-12-180-75 | Нормализация | 950–960 | Воздух | До 700 ¹ | 1200 | 1300 | 9 | — | — | 20 | 363–444 | | |
| | Отпуск I | 560–570 | Печь | | 900 | 1000 | 10 | — | 39 | 450 | — | | |
| | Отпуск II | 550–560 | Печь | | 850 | 950 | 10 | — | 49 | 500 | — | | |
| ¹ Образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел длительной прочности: $\sigma_{300}^{450} = 900 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_{300}^{500} = 800 \text{ Н/мм}^2$. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Ответственные детали прессового инструмента с повышенной прочностью и пластичностью; втулки контейнеров, кольца, пресс-штемпли, иглы и другие детали, работающие при температурах до 500°С. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1200–900 | | | В колодце | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В состоянии нормализации при 344 НВ и σ _в = 1300 Н/мм ² K _v = 0,5 (твердый сплав), K _v = 0,15 (быстрорежущая сталь) | | | | | Мало чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Мало склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 27X2H2MBФ | | Поковки — ТУ 108.11.835–85. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов ¹ , %, по ТУ 108.11.835–85 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,25–0,30 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,015 | ≤ 0,015 | 2,00–2,50 | 1,40–1,80 | 0,40–0,60 | 0,20–0,30 | 0,40–0,70 | 780 | 835 | — | — |
| ¹ Суммарное содержание S и P не должно быть более 0,025%. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | t испытания, °С | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ТУ 108.11.835–85 | Состояние поставки | — | — | — | Поковки типа колец | | | | | | | HRC 41 | |
| | | | | | 1226 | 1324 | 10 | 35 | 34 | 20 | | | |
| Состояние поставки | — | — | — | — | Остальные типы поковок | | | | | | | HRC 41 | |
| | | | | | 1252 | 1257 | 7 | 26 | 24 | 20 | | | |
| ДЦ | Нормализация | 950–960 | Воздух | До 700 ² | 1176 | 1225 | 7 | — | — | 20 ³ | 420 | | |
| | Отпуск | 560–570 | С печью | | 931 | 980 | 8 | — | — | 450 | — | | |
| | Отпуск | 540–570 | С печью | | 833 | 882 | 8 | — | — | 500 | — | | |
| ² Механические свойства факультативны. | | | | | | | | | | | | | |
| ³ Образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Комплект деталей прессового инструмента к прессу установки усилием 450 МН, а также особо ответственные детали прессового инструмента с высокими свойствами прочности и повышенной пластичностью после термообработки: втулки контейнеров, кольца, пресс-штемпели, иглы и другие детали, работающие при температуре до 500°С. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1200–850 | | | | | До 100 | | На воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1200–850 | | | | | 101–350 | | В яме | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В состоянии нормализации и отпуска при 410 HB и σ _b = 1250 Н/мм ² K _v = 0,5 (твердый сплав), K _v = 0,15 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|---|--|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 3X2H2MBФ | | Поковки — ОСТ 24.959.01–69. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 24.959.01–69 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,32–0,38 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 2,00–2,50 | 1,40–1,80 | 0,80–1,00 | 0,20–0,30 | 0,80–1,20 | 780 | 830 | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | t испытания, °С | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ДЦ | Нормализация | 950–960 | Воздух | До 700 ¹ | 1300 | 1400 | 7 | — | — | 20 | 388–444 | | |
| | Отпуск | 570–580 | С печью | | 1000 | 1100 | 8 | — | — | 450 | — | | |
| | Отпуск | 550–570 | С печью | | 950 | 1050 | 8 | — | — | 500 | — | | |
| ¹ Образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Особо ответственные детали прессового инструмента с высокими механическими свойствами после термообработки: втулки контейнеров, пресс-штемпели, иглы и другие детали, работающие при температуре до 500°С. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1200–900 | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | — | | | | | | | | | | | | |
| Прокаливаемость | | | | | | | | | | Термообработка | | | |
| Расстояние от торца, мм | | 60 | | | | 200 | | | | Закалка, вода | | | |
| HRC | | 51,5 | | | | 43,5 | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 40 HRC K _v = 0,37 (твердый сплав), K _v = 0,15 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Мало склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----|
| 3Х3М3Ф | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| 0,27–0,34 | 0,10–0,40 | 0,20–0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 2,80–3,50 | ≤ 0,40 | 2,50–3,00 | 0,40–0,60 | ≤ 0,30 | 815 | 875 | 760 | 820 | 340 | 155 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 860–880 | С печи 40–50°С/ч до 600°С, далее на воздухе | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 229 | | | | |
| | Закалка | 1040 | Масло | — | Не определяются | | | | | ≥ 45 | — | | | | |
| | Отпуск | 550 | Воздух | — | Не определяются | | | | | ≥ 47 | — | | | | |
| | Закалка | 1030–1050 | Масло | — | Не определяются | | | | | ≥ 47 | — | | | | |
| ДЦ | Закалка | 1030–1050 | Масло | 10 × 10 | Не определяются | | | | | 47–50 | — | | | | |
| | Отпуск 1-й ¹ | 580–600 | Воздух | | 1500 | 1700 | — | — | 25 | 47–48 | — | | | | |
| | Отпуск 2-й ¹ | 540–560 | | | 1300 | 1500 | — | — | 40 | 44–46 | — | | | | |
| | Отпуск 1-й ¹ | 610–620 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| Отпуск 2-й ¹ | 570–580 | | | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Продолжительность первого отпуска – 2 ч, второго – на 25–30% меньше первого. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Инструмент горячего деформирования на кривошипных прессах и горизонтально-ковочных машинах, подвергающихся в процессе работы интенсивному охлаждению (как правило для мелкого инструмента), пресс-формы литья под давлением медных сплавов. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | |
| 650°С | | — | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | | | |
| 650°С | | — | | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток | 1180–850 | | Замедленное в колодце | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | В отожженном состоянии при ≤ 229 HB K _v = 0,75 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Мало чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|--|--|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| 4ХЗВМФ (ЗИ 2) | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,40–0,48 | 0,60–0,90 | 0,30–0,60 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 2,80–3,50 | ≤ 0,40 | 0,40–0,60 | 0,60–0,90 | 0,60–1,00 | 800 | 850 | 730 | 760 | 230 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 840–860 | С печью до 40–50°С/ч, до 600°С, далее воздух | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 241 | | | |
| | Закалка | 1040–1060 | Масло | Образцы | — | — | — | — | — | ≥ 52 | | | | |
| ДЦ | Закалка | | | | Не определяются | | | | | | | | | |
| | а) подогрев | 700–750 | | Масло | Не определяются | | | | | | | | | |
| | б) окончательный нагрев | 1040–1060 | | | Не определяются | | | | | | | | | |
| | Отпуск 1-й | 560–580 | | | Не определяются | | | | | 52–54 | | | | |
| Отпуск 2-й | 530–550 | | Не определяются | | | | | 47–49 | | | | | | |
| Назначение. Мелкие молотовые штампы, молотовые и пресовые вставки (толщиной или диаметром до 300–400 мм), инструмент горизонтально-ковочных машин при горячем деформировании конструкционных и жаропрочных сталей, инструмент для высокоскоростной машинной штамповки конструкционных сталей. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | |
| 650°С | | — | | В воде | | | В масле | | | В селитре | | | На воздухе | |
| 650°С | | — | | — | | | — | | | — | | | — | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1180–850 | | Замедленное в колодце | | | | Замедленное в колодце | | | | | | | |
| Заготовка | 1180–850 | | Замедленное в колодце | | | | Замедленное в колодце | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 44–48 HRC K _v = 0,26 (твердый сплав) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|-----------------------------------|---|----------------|---|---------------------------------------|--------|--------------|----------------------------|----------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|----|
| 5ХЗВЗМФС (ДИ 23) | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Cu | Ni | Mo | V | W | Nb | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| 0,45–0,52 | 0,50–0,80 | 0,20–0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 2,50–3,20 | ≤ 0,30 | ≤ 0,40 | 0,80–1,10 | 1,50–1,80 | 3,00–3,60 | 0,05–0,15 | 780 | 920 | 665 | 725 | 330 | 70 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | t испы- тания, °С | НВ | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 840–880 | С печью 40–50°С/ч до 600°С, затем на воздухе | — | Не определяются | | | | | — | — | ≤ 241 | | | | | |
| | Закалка | 1130 | Масло | | — | | | | | | | | — | HRC≥ 49 | | | |
| | Отпуск | 550 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1120–1140 | Масло | | — | | | | | | | | — | HRC≥ 53 | | | |
| ДЦ | Отжиг ¹ | 860–890 | С печью, затем на воздухе | Образцы | Не определяются | | | | | — | 187– 229 | | | | | | |
| | Закалка ² | 1120–1150 | Масло | | 1372–1470 | 1519–1568 | 8–10 | 28–32 | 25–29 | | | 20 | HRC 52–56 | | | | |
| | Отпуск 1-й | 640–660 | Воздух | | 686–784 | 784–882 | 10–14 | 40–45 | | | | | | 34–39 | 650 | HRC 46–49 | |
| | Отпуск 2-й (Режим I) | 600–620 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка ² | 1120–1150 | Масло | | — | Не определяются | | | | | | — | HRC 52–56 | | | | |
| | Отпуск 1-й | 660–680 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | |
| Отпуск 2-й (Режим II) | 600–620 | Воздух | | | | | | HRC 41–45 | | | | | | | | | |

¹ Нагрев со скоростью 100°С/ч до 860–890°С, выдержка не менее 2,0–2,5 ч; охлаждение со скоростью 30–50°С/ч до 560°С, выдержка 2,0–4,0 ч; охлаждение со скоростью 50–70°С/ч до 500°С, затем на воздухе.

² Нагрев под закалку осуществляется с предварительным подогревом (или выдержкой) при 700–750°С до выравнивания температуры по сечению. Время выдержки выбирается из расчета 50–70 с/мм при нагреве в печи (с применением защитной упаковки) и 30–50 с/мм при нагреве в соляной ванне.

Во избежание коробления инструмента закалку рекомендуется производить с подстуживанием до 900°С на воздухе, затем в масле до 150–200°С. В случае отсутствия соответствующего термического оборудования допускается закалка с 1100°С. При этом во избежание снижения теплоустойчивости время выдержки при нагреве необходимо увеличивать в 2,0–2,5 раза по сравнению с закалкой от 1120–1150°С.

Отпуск следует производить непосредственно после закалки, продолжительность отпуска назначается из расчета 1,5–2,0 ч плюс 1–1,5 мин на 1 мм сечения.

Механические свойства ориентировочные.

После шлифования термообработанного инструмента необходимо производить отпуск при 150–200°С продолжительностью 1,5–2,5 ч для снятия напряжений.

| 5ХЗВЗМФС (ДИ 23) | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|---|-----------|------------|----------------------------------|--------------------|------|----------------|
| <p>Назначение. Тяжело нагруженный прессовый инструмент (типа прошивных и формирующих пуансонов), инструмент для высадки (на горизонтально-ковочных машинах), вставки штампов напряженных конструкций (режим I). Прессовый инструмент сложной конфигурации типа зубчатых вставок для штамповки и др. (режим II) (для горячего объемного деформирования конструкционных сталей и жаропрочных металлов и сплавов).</p> <p>Сталь хорошо азотируется.</p> | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Теплостойкость | Шлифуемость | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | |
| | | В воде | В масле | В селитре | На воздухе | | | | |
| 40 HRC, 685°C, 2 ч | — | — | — | — | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | |
| Слиток | 1180–850 | | Замедленное в колодце | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | В отожженном состоянии при ≤ 241 НВ K _v = 1,2 (твердый сплав), K _v = 0,7 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | |
| | | | | | | Не склонна | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|---|------------------------------------|------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|------|
| 7Х3 | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | |
| 0,65–0,75 | 0,10–0,40 | 0,15–0,45 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,20–3,80 | ≤ 0,40 | — | — | ≤ 0,30 | 770 | — | 730 | — | 400 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 790–810 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 229 | | | | |
| | Закалка | 850–880 | Масло | — | | | | | | ≥ 54 | — | | | | |
| Назначение. Инструмент (пуансоны, матрицы) горячей высадки крепежа и заготовок из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей на горизонтально-ковочных машинах, детали штампов (матрицы, пуансоны, выталкиватели) для горячего прессования и выдавливания этих материалов на кривошипных прессах, гибочные, обрезные и просечные штампы. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | | | | | | – 50 |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1180–800 | До 220 | | В колодце | | До 300 | | В яме | | | | | | | |
| Заготовка | 1180–800 | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В отожженном состоянии при ≤ 229 HB K _v = 0,75 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | | Чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонна | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--|---------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
| 4Х4ВМФС (ДИ 22) | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| 0,37–0,44 | 0,60–1,00 | 0,20–0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,20–4,00 | ≤ 0,60 | 1,20–1,50 | 0,60–0,90 | 0,80–1,20 | 830 | 910 | 670 | 750 | 255 | 105 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | t испытания, °С | НВ |
|----------------------|-------------------------|-----------|--|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------------------------|-----------------|-----------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг ¹ | 860–890 | С печью 40–50°С/ч до 600°С, затем на воздухе | | Не определяются | | | | | — | ≤ 241 |
| | Закалка | 1060 | Масло | | | | | | | — | HRC≥ 49 |
| | Отпуск | 550 | Воздух | | | | | | | — | HRC≥ 55 |
| | Закалка | 1050–1070 | Масло | | | | | | | — | HRC≥ 55 |
| ДЦ | Закалка | | | | | | | | | | |
| | а) подогрев | 700–750 | | | | | | | | — | HRC 55–61 |
| | б) окончательный нагрев | 1050–1070 | Масло | | | | | | | — | HRC 47–50 |
| | Отпуск | 620–630 | Воздух | | | | | | | — | HRC 47–50 |
| | Закалка ² | 1050–1070 | Масло | Образцы | 1519–1617 | 1666–1764 | 8–10 | 35–42 | 39–49 | 20 | HRC 55–61 |
| | Отпуск 1-й | 600–620 | Воздух | | 882–980 | 1029–1127 | 10–15 | 50–65 | 54–64 | 600 | HRC 50–53 |
| | Отпуск 2-й | 560–580 | Воздух | | | | | | | | |
| | (Режим I) | | | | | | | | | | |
| Закалка ² | 1050–1070 | Масло | | | | | | | — | HRC 55–61 | |
| Отпуск 1-й | 620–630 | Воздух | | | | | | | — | HRC 47–50 | |
| Отпуск 2-й | 580–600 | Воздух | | | | | | | — | HRC 47–50 | |
| (Режим II) | | | | | | | | | | | |

¹ Нагрев со скоростью 100°С/ч до 860–890°С; выдержка не менее 2,0–2,5 ч; охлаждение со скоростью 30–50°С/ч до 660°С, выдержка 2–4 ч; охлаждение со скоростью 50–70°С/ч до 500°С, затем на воздухе.

² Нагрев под закалку осуществляется с предварительным подогревом (или выдержкой) при 700–750°С до выравнивания температуры по сечению. Время выдержки выбирается из расчета 50–70 с/мм при нагреве в печи с применением защитной упаковки и 30–50 с/мм при нагреве в соляной ванне.

Во избежание коробления инструмента закалку рекомендуется производить с подстуживанием до 900°С на воздухе, затем в масле до 150–200°С. Отпуск следует производить непосредственно после закалки, продолжительность отпуска назначается из расчета 1,5–2,0 ч плюс 1–1,5 мин на 1 мм сечения.

Механические свойства ориентировочные.

После шлифовки термообработанного инструмента необходимо производить отпуск при 150–200°С продолжительностью 1,5–2,5 ч для снятия напряжений.

| 4Х4ВМФС (ДИ 22) | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--------------------|--|--|---|--------------------|----------------------------------|-----------|------|----------------|--|
| <p>Назначение. Инструмент высокоскоростной машинной штамповки, высадки на горизонтально-ковочных машинах, вставки штампов для горячего деформирования легированных конструкционных сталей и жаропрочных сплавов на молотах и кривошипных прессах (вместо менее теплостойких сталей марок 4Х5В2ФС, 4Х5Ф1С, 4Х3ВМФ), пресс-формы литья под давлением медных сплавов.</p> | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм² σ_{-1} τ_{-1} | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см², при t, °С | | | | | | Термообработка | |
| | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | | |
| — | | — | | — | — | — | — | — | — | — | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | |
| | | | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | |
| 45 HRC, 660°C, 2 ч | | — | | — | | — | | — | | — | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1180–850 | | Замедленное в колодце | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В отожженном состоянии при ≤ 241 НВ $K_v = 1,2$ (твердый сплав), $K_v = 0,75$ (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------------|-----------------------------------|--|---|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| 8Х4В2МФС2 (ЭП 761) | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,80–0,90 | 1,70–2,00 | 0,20–0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 4,50–5,10 | ≤ 0,40 | 0,80–1,10 | 1,10–1,40 | 1,80–2,30 | 840 | 880 | 785 | 820 | 150 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _{0,05} , Н/мм ² | σ _н , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 880–900 | С печью 40°С/ч до 740°С, 3–4 ч, далее 50°С/ч до 550°С, воздух | — | Не определяются | | | | | | — | ≤ 255 | | |
| | Закалка | 1060–1090 | Масло | — | Не определяются | | | | | | ≥ 60 | — | | |
| ДЦ | Режим окончательной термообработки | | | — | Не определяются | | | | | | 62–64 | — | | |
| | Закалка | 700–750 | Масло | | | | | | | | | | | |
| | а) подогрев | | | | | | | | | | | | | |
| | б) окончательный нагрев | 1060–1090 | | — | 40–60 ¹ | | | | | | 62–63 | — | | |
| | Отпуск (3-кратный по 1 ч) | 530–540 | | — | 2700–2800 | 2200–2300 | 3700–3800 | | — | 40–60 ¹ | 62–63 | — | | |
| ¹ Образцы ненадрезанные. | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Матрицы и пуансоны штампов холодного объемного деформирования, испытывающие в процессе эксплуатации давление до 2300 Н/мм ² , резьбонакатные ролики. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, ККУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1150–850 | | Замедленное в колодце | | | | Замедленное в колодце | | | | | | | |
| Заготовка | 1150–850 | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 61 HRC и σ _в = 3500 Н/мм ² К _v = 0,2 (твердый сплав), К _v = 0,05 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Мало чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------------|-----------------------------------|---|---|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| 11Х4В2МФ3С2 (ДИ 37) | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 1,05–1,15 | 1,40–1,80 | 0,20–0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,50–4,20 | ≤ 0,40 | 0,30–0,50 | 2,30–2,80 | 2,00–2,70 | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _{0,05} , Н/мм ² | σ _н , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 860–880 | С печью 50°С/ч до 740–750°С, 3–3,5 ч, далее 50°С/ч до 550°С, воздух | — | не менее | | | | | | | — | ≤ 255 | |
| | Закалка | 1000–1030 | Масло | — | Не определяются | | | | | | | 62 | — | |
| ДЦ | Режим окончательной термообработки | | | — | Не определяются | | | | | | | 60–62 | — | |
| | Закалка | 1000–1030 | Масло | | Не определяются | | | | | | | 60–62 | — | |
| | Отпуск (2,5 ч) | 200–220 | | | — | 2500 | 2100 | 3400–3700 | — | — | 50–60 | 60–62 | — | |
| | | 320–350 | | | — | 2400 | 2000 | 3800–4000 | — | — | 68–80 | 56–58 | — | |
| | Закалка | 1050–1070 | Масло | | — | Не определяются | | | | | | | 60–62 | — |
| | Отпуск (3-х кратный по 1 ч) | 540 | | | — | 2700 | 2150 | 3600–3800 | — | — | 45–50 | 59–61 | — | |
| | Закалка | 1080–1100 | Масло | | — | Не определяются | | | | | | | 60–62 | — |
| Отпуск (3-х кратный по 1 ч + 500°С, 1 ч) | 540 | | — | 2800 | 2250 | 3400–3600 | — | — | 30–40 | 61–62 | — | | | |
| Назначение. Вырубные штампы, в том числе для обработки холоднокатаных электротехнических сталей 3412 и 3413 с покрытиями типа “карлит”, пуансоны и матрицы холодновысадочных автоматов, пуансоны и выгалькватели для холодного выдавливания, эксплуатируемые с удельными давлениями до 2000 Н/мм ² в условиях повышенного износа и нагрева рабочих поверхностей до 400°С, шлице- и резбонакатной инструмент. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | — | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | — | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1150–880 | Замедленное в колодце | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 60–62 HRC и σ _в = 3400 Н/мм ² K _v = 0,2 (твердый сплав), K _v = 0,06 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------|----------|-------|
| 4X5MΦС | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Mo | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mк |
| 0,32–0,40 | 0,90–1,20 | 0,20–0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 4,50–5,50 | 1,20–1,50 | 0,30–0,50 | 840 | 870 | 735 | 810 | 300 | 110 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 840–860 | С печью 40–50°С/ч до 600°С, далее на воздухе | | — | — | — | — | — | — | — | — | ≤ 241 |
| | Закалка | 1020 | Масло | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 550 | Воздух | | — | — | — | — | — | ≥ 47 | — | | |
| | Закалка | 1000–1020 | Масло | | — | — | — | — | — | ≥ 50 | — | | |
| Назначение. Для мелких молотовых штампов, крупных (толщиной или диаметром более 200 мм) молотовых и прессовых вставок при горячем деформировании конструкционных сталей и цветных сплавов в условиях крупносерийного массового производства. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 70 | – 80 | | | | |
| — | — | — | | 29 | — | — | 20 | 10 | — | Закалка 1020°С, отпуск 600°С | | | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | |
| | | | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | |
| 46 HRC, 590°С, 2 ч | | — | | — | | — | | — | | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1180–850 | | | Замедленное в колодце | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при ≤ 241 HB K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,55 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----|
| 4X5MΦ1C (ЭП 572) | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °C | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mк |
| 0,37–0,44 | 0,90–1,20 | 0,20–0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 4,50–5,50 | ≤ 0,40 | 1,20–1,50 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | 875 | 935 | 760 | 815 | 305 | 140 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 840–860 | С печью 40–50°C/ч до 600°C, далее воздух | — | — | — | — | — | — | — | ≤ 241 | | | | |
| | Закалка | 1030 | Масло | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 550 | — | — | — | — | — | — | — | ≥ 47 | | | | | |
| | Закалка | 1020–1040 | Масло | — | — | — | — | — | — | ≥ 50 | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 1020–1040 | Масло | Образцы 10 × 10 | — | — | — | — | — | 53–55 | — | | | | |
| | Отпуск 1-й (2 ч) | 560–580 | Воздух | | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| | Отпуск 2-й (1,4–1,5 ч) | 520–540 | | | 1490 | 1650 | — | — | 46 | 47–49 | — | | | | |
| | Закалка | 1020–1040 | Масло | Образцы 10 × 10 | — | — | — | — | — | 53–55 | — | | | | |
| | Отпуск 1-й (2 ч) | 610–620 | Воздух | | — | — | — | — | — | — | 44–46 | — | | | |
| Отпуск 2-й (1,4–1,5 ч) | 570–580 | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Назначение. Пресс-формы для литья под давлением цинковых, алюминиевых и магниевых сплавов, молотовые и прессовые вставки (толщиной или диаметром до 200–250 мм) при горячем деформировании конструкционных сталей, инструмент для высадки заготовок из легированных конструкционных и жаропрочных материалов на горизонтально-ковочных машинах. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | |
| 630°C | | — | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | | | |
| 630°C | | — | | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1180–850 | | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | Замедленное в колодце | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Необходимы подогрев и последующая термическая обработка. | | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 51 HRC и σ _B = 1900 Н/мм ² K _r = 0,17 (твердый сплав), K _r = 0,05 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|----|--|
| 4Х5В2ФС (ЭИ 958) | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | V | W | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk | |
| 0,35–0,45 | 0,80–1,20 | 0,15–0,45 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 4,50–5,50 | ≤ 0,40 | 0,60–0,90 | 1,60–2,20 | ≤ 0,30 | 800–830 | 875 | 730 | 840 | 275 | 90 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 840–880 | С печью до 600°С | — | не менее | | | | | — | ≤ 241 | | | | | |
| | Закалка | 1030–1050 | Масло или воздух | — | Не определяются | | | | | ≥ 50 | — | | | | | |
| ДЦ | Закалка | | | | Не определяются | | | | | | | | | | | |
| | а) подогрев | 700–750 | Масло ¹ | — | Не определяются | | | | | 53–56 | — | | | | | |
| | б) окончательный нагрев | 1030–1050 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск 1-й | 560–580 | Воздух | | | | | | | 47–49 | | | | | | |
| Отпуск 2-й | 530–540 | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Подстуживание на воздухе до 950°С. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Пресс-формы для литья под давлением цинковых, алюминиевых и магниевых сплавов, молотковые и прессовые вставки (толщиной или диаметром до 200–250 мм) при горячем деформировании конструкционных сталей, инструмент для высадки заготовок из легированных конструкционных и жаропрочных материалов на горизонтально-ковочных машинах. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| Теплостойкость | Шлифуемость | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | | | | |
| | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | | | | | | |
| 43 HRC, 630°С, 2 ч | | — | | — | | — | | — | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1180–850 | | | Замедленное в колодце | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при ≤ 241 HB K _v = 1,2 (твердый сплав), K _v = 0,75 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|------------------------|-----------------|---|------------------------------------|---|-----------|-------------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| Х6ВФ | | Сортовой прокат — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | W | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 1,05–1,15 | 0,10–0,40 | 0,15–0,45 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 5,50–6,50 | ≤ 0,40 | ≤ 0,30 | 1,10–1,50 | 0,50–0,80 | ≤ 0,30 | 815 | 845 | 625 | — | 150 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Прутки и полоса, отожженные или высокоотпущенные | | | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 241 | | | | |
| | Закалка | 980–1000 | Масло | Образцы | Не определяются | | | | | ≥ 61 | — | | | | |
| ДЦ | Отжиг: нагрев со скоростью 30°С/ч до 840°С, выдержка 3 ч, охлаждение со скоростью 30°С/ч до 550°С, далее охлаждение с любой скоростью | | | Образцы | Не определяются | | | | | — | 187–228 | | | | |
| | Изотермический отжиг при 830–850°С, охлаждение со скоростью 40°С/ч до 700–720°С, выдержка 2–3 ч, охлаждение со скоростью 50°С/ч до 550°С, охлаждение на воздухе | | | Образцы | Не определяются | | | | | — | ≤ 241 | | | | |
| | Подогрев | 650–700 | Масло, щелочь, селитра | Образцы | Не определяются | | | | | 62–63 | — | | | | |
| Закалка | 980–1000 | | | | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | 150–170 (1,5 ч) 280–300 (1,5 ч) | Воздух Воздух | Образцы | Не определяются | | | | | 56–58 | — | | | | | |
| Назначение. Резьбонакатный инструмент (ролики и плашки), ручные ножовочные полотна, бритвы, матрицы, пуансоны, зубонакатники и другие инструменты, предназначенные для холодной деформации, для дереворежущего фрезерного инструмента. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | — | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | — | | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Теплостойкость | Шлифуемость | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | Термообработка | Критическая твердость, HRC | | | | | | | | |
| | | В воде | В масле | В селитре | На воздухе | | | | | | | | | | |
| 62 HRC, 150–170°С, 1 ч | При 56–58 HRC – удовлетворительная | — | 80 | — | — | Закалка 1000–1050°С | 62–63 | | | | | | | | |
| | При 58–60 HRC – пониженная | — | — | — | — | | | | | | | | | | |
| 58 HRC, 480–500°С, 1 ч | При 62–64 HRC – низкая | — | — | — | — | Закалка 950°С | 58–60 | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток | | | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1100–850 | | | | | | Замедленное в колодеце или в термостате | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | При 229 HB K _v = 0,9 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | | | | — | | | | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | |
| | | Не склонна | | | | | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|
| 6Х6ВЗМФС (55Х6ВЗСМФ, ЭП 569) | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,50–0,60 | 0,60–0,90 | 0,15–0,45 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 5,50–6,50 | ≤ 0,40 | 0,60–0,90 | 0,50–0,80 | 2,50–3,20 | 836–875 | 889–905 | 690–755 | 756–790 | 210–250 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 860–880 | С печью 30°С/ч до 770°С, выдержка 2–3 ч, далее 50°С/ч до 550°С, затем воздух | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 255 | | | |
| | Закалка | 1055–1075 | Масло | — | Не определяются | | | | | ≥ 60 | — | | | |
| ДЦ | Отжиг | 850–860 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | 233–187 | | | |
| | Закалка | 1060–1075 | Масло | — | Не определяются | | | | | — | — | | | |
| | Отпуск 1-й ¹ | 530–545 | Воздух | — | Не определяются | | | | | 15 | — | | | |
| | Отпуск 2-й | 350–370 | Воздух | — | Не определяются | | | | | 59–61 | — | | | |
| ¹ Продолжительность 1-го отпуска – 2 ч и 2-го отпуска – 5 ч. | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Ножи для холодной рубки труб на прессе модели K0032 и на других трубообразующих машинах; инструменты, применяемые для холодной пластической деформации шлиценкатных роликов, пуансонов, матриц, накатников и др.; ножи гильотинных ножниц для резки тугоплавких металлов; ножи рубильных машин, применяемых в деревообрабатывающей промышленности, шарошек, разрушающих горные породы, и др. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | | | – 50 | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1180–800 | До 180 | В отапливаемом колодце | | | До 180 | В отапливаемом колодце | | | | | | | |
| Заготовка | 1180–800 | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокочувствительность | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В отожженном состоянии при ≤ 255 HB K _v = 1,0 (твердый сплав), K _v = 0,7 (быстрорежущая сталь) | | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|------------------------------------|---|-------------|---|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|--|
| X12 | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | |
| 2,00–2,20 | 0,10–0,40 | 0,15–0,45 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 11,50–13,00 | ≤ 0,40 | — | — | ≤ 0,30 | 810 | 835 | 755 | 770 | 180 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 830–850 | С печи 40°С/ч до 720–740°С, 3–4 ч, далее 50°С/ч до 550°С, затем воздух | — | не менее | | | | Не определяются | | — | ≤ 255 | | | |
| | Закалка | 970 | Масло | — | не менее | | | | Не определяются | | ≥ 61 | — | | | |
| | Отпуск | 180 | | — | не менее | | | | Не определяются | | ≥ 60 | — | | | |
| | Закалка | 950–1000 | Масло | — | не менее | | | | Не определяются | | ≥ 60 | — | | | |
| ДЦ | Закалка | | | | не менее | | | | Не определяются | | | | | | |
| | а) подогрев | 650–700 | | — | не менее | | | | Не определяются | | 63–65 | — | | | |
| | б) окончательный нагрев | 950–980 | Масло | — | не менее | | | | Не определяются | | 60–62 | — | | | |
| | Отпуск | 180–200 (1,5 ч) 320–350 (1,5 ч) | Воздух Воздух | — | не менее | | | | Не определяются | | 57–58 | — | | | |
| Назначение. Штампы высокой устойчивости против истирания (преимущественно с рабочей частью округлой формы), не подвергающиеся сильным ударам и толчкам, волоочильные доски и волоки, глазки для калибрования пруткового металла под накатку резьбы, гибочные и формовочные штампы, сложные секции кузовных штампов, матрицы и пуансоны вырубных и просечных штампов, штамповки активной части электрических машин и электромагнитных систем электрических аппаратов и др. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | |
| | | | | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | | |
| — | | — | | | — | | — | | — | | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток | 1100–850 | | Замедленное в колодце | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В горячекатаном состоянии при 217–228 НВ и σ _B = 730 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | — | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| X12Φ1 | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ | Mk ¹ |
| 1,45–1,65 | 0,10–0,40 | 0,15–0,45 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 11,0–12,5 | ≤ 0,40 | 0,40–0,60 | 0,15–0,30 | ≤ 0,30 | 810 | 860 | 760 | — | 230 | 0 |
| 1 Нагрев до 980°С. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 850–870 | С печью (скорость 30°С/ч) | — | не менее | | | | | | — | ≤ 255 | | | |
| | Закалка | 970 | Масло | — | Не определяются | | | | | | ≥ 60 | — | | | |
| | Отпуск | 180 | Воздух | — | Не определяются | | | | | | — | — | | | |
| ДЦ | Закалка | 1020–1040 | Масло | — | Не определяются | | | | | | 62–64 | — | | | |
| | Отпуск | 150–170 | Воздух | — | Не определяются | | | | | | — | — | | | |
| | Закалка | 1020–1040 | Масло | — | Не определяются | | | | | | 57–59 | — | | | |
| | Отпуск | 490–510 | Воздух | — | Не определяются | | | | | | — | — | | | |
| Назначение. Профилированные ролики сложных форм, секции кузовных штампов сложных форм, сложные дыропрошивочные матрицы при формовке листового металла, эталонные шестерни, накатные плашки, волокни, матрицы и пуансоны вырубных просечных штампов, в том числе совмещенных и последовательных, со сложной конфигурацией рабочих частей, штамповка активной части электрических машин и др. инструмент высокой механической прочности и вязкости. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [4] | | | Состояние стали | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² и Твердость, HRC, при t _{отп.} , °С [4] | | | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | t _{отп.} , °С | 0 | +20 | +200 | +300 | +400 | +500 | +550 | | | | |
| 800 | — | 10 ⁷ | 60 HRC | KCU, Дж/см ² | — | — | 43 | 64 | 54 | 30 | — | Закалка 1000–1030°С в масле. Отпуск 1,5 ч. | | | |
| 650 | — | 10 ⁷ | 56 HRC | HRC | — | — | 62 | 60 | 59 | 59 | 52 | | | | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | |
| 62 HRC, 150–170°С, 1 ч 58 HRC, 490–510°С, 1 ч | | Удовлетворительная | | В воде | | | В масле | | | В селитре | | | На воздухе | | |
| | | | | — | | | 80–100 | | | 80–100 | | | 50–60 | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1170–850 | — | | Охлаждение в колодце или в яме | | | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | 1170–850 | — | | Охлаждение в колодце или в яме | | | | — | | — | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокочувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В горячекатаном состоянии при 217–228 HB и σ _B = 730 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости [4] | | | | | |
| | | | | | | | | | | Склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|---|------------------------------------|-----------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| X12MФ | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ | Mk ¹ | |
| 1,45–1,65 | 0,10–0,40 | 0,15–0,45 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 11,0–12,5 | ≤ 0,40 | 0,40–0,60 | 0,15–0,30 | ≤ 0,30 | 810 | 860 | 760 | — | 230 | 0 | |
| ¹ Нагрев до 980°С. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 850–870 | С печью (скорость 30°С/ч) | — | не менее | | | | | | — | ≤ 255 | | | | |
| | Закалка | 970 | Масло | — | Не определяются | | | | | | ≥ 60 | — | | | | |
| | Отпуск | 180 | Воздух | — | Не определяются | | | | | | — | — | | | | |
| ДЦ | Закалка | 1020–1040 | Масло | — | Не определяются | | | | | | 62–64 | — | | | | |
| | Отпуск | 150–170 | Воздух | — | Не определяются | | | | | | — | — | | | | |
| | Закалка | 1020–1040 | Масло | — | Не определяются | | | | | | 57–59 | — | | | | |
| Отпуск | 490–510 | Воздух | — | Не определяются | | | | | | — | — | | | | | |
| Назначение. Профилированные ролики сложных форм, секции кузовных штампов сложных форм, сложные дыропрошивочные матрицы при формовке листового металла, эталонные шестерни, накатные плашки, волокни, матрицы и пуансоны вырубных просечных штампов, в том числе совмещенных и последовательных, со сложной конфигурацией рабочих частей, штамповка активной части электрических машин и др. инструмент высокой механической прочности и вязкости. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | — | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | — | | | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | |
| 62 HRC, 150–170°С, 1 ч | | Удовлетворительная | | | В воде | | В масле | | | В селитре | | На воздухе | | | | |
| 58 HRC, 490–510°С, 1 ч | | | | | — | | 80–100 | | | 80–100 | | 50–60 | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1170–850 | — | Охлаждение в колодце или в яме | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1170–850 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В горячекатаном состоянии при 217–228 HB и σ _B = 730 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | | — | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------|--------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|--|
| X12ВМФ | | Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | W | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | |
| 2,00–2,20 | 0,10–0,40 | 0,15–0,45 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 11,00–12,50 | ≤ 0,40 | 0,60–0,90 | 0,50–0,80 | 0,15–0,30 | ≤ 0,30 | 815 | — | — | — | 225 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 860–880 | С печью 40°С/ч до 700°С, 2–3ч, далее 50°С/ч до 550°С, затем воздух | — | Не определяются | | | | | — | ≤ 255 | | | | | |
| | | | Закалка | | 1020±10 | Масло | — | Не определяются | | | | | ≥ 60 | — | | |
| | Отпуск | 180 | Воздух | Не определяются | | | | | 63–65 | — | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 650–670 | Масло | — | Не определяются | | | | | | 60–62 | — | | | | |
| | а) подогрев | | | | 1000–1030 | Воздух | Не определяются | | | | | | 57–59 | — | | |
| | б) окончательный нагрев | 180–200 (1,5 ч) | Воздух | Не определяются | | | | | — | — | | | | | | |
| Отпуск | 350–400 (1,5 ч) | Не определяются | | | | | — | — | | | | | | | | |
| Назначение. Штампы высокой устойчивости против истирания (преимущественно с рабочей частью округлой формы), не подвергающиеся сильным ударам и толчкам, волоочильные доски и волоки, глазки для калибрования пруткового металла под накатку резьбы, гибочные и формовочные штампы, сложные секции кузовных штампов, матрицы и пуансоны вырубных и просечных штампов, штамповки активной части электрических машин и электромагнитных систем электрических аппаратов и др. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² и Твердость, HRC, при t _{отп.} , °С [4] | | | | | | | Термообработка | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | t _{отп.} , °С | 0 | +20 | +200 | +300 | +400 | +450 | | +500 | | | | | |
| — | — | | — | KCU, Дж/см ² | — | — | 23 | 35 | 44 | | 38 | 27 | | | | |
| | | | HRC | — | — | 61 | 58 | 58 | — | — | Закалка 1020°С в масле. Отпуск 1,5 ч. | | | | | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | | |
| — | | — | | В воде | | | В масле | | | В селитре | | | На воздухе | | | |
| — | | — | | — | | | — | | | — | | | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1100–850 | | Замедленное в колодце | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В горячекатаном состоянии при 217–228 HB и σ _в = 730 Н/мм ² K _v = 0,72 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | | — | | | | | | | |

СТАЛИ ВАЛКОВЫЕ

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|--|---|---|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 55X | | Поковки — ГОСТ 8479-70, ОСТ 24.013.20-90, ОСТ 24.013.21-85, ОСТ 24.013.04-90. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 24.013.20-90 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,50-0,60 | 0,17-0,37 | 0,35-0,65 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 1,00-1,30 | ≤ 0,50 | — | — | ≤ 0,25 | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 8479-70 | Закалка | — | — | До 100 | 490 | 655 | 16 | 45 | 59 | — | 212-248 | | |
| ОСТ 24.013.20-90 | Объемная термическая обработка | | | — | Не определяются | | | | | — | 220-280 | | |
| ОСТ 24.013.21-85, | Нормализация | 830-850 | Воздух | До 1500 | — | — | — | — | — | — | — | | |
| | Отпуск | 550-580 | Печь или воздух | | | | | | | | | | |
| ОСТ 24.013.04-90 | Закалка | 820-840 | Масло | До 500 | — | — | — | — | — | — | — | | |
| | Отпуск | 550-620 | Печь или воздух | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 820-840 | Масло | До 100 | 637 | 833 | 12 | 40 | — | — | 255-322 | | |
| | Отпуск | 560-630 | Печь или воздух | 101-300 | 539 | 784 | 10 | 35 | — | — | 240-302 | | |
| | | | | 301-500 | 490 | 735 | 8 | 30 | — | — | 240-300 | | |
| Назначение. Оси опорных составных валков для холодной прокатки металла. Редукторные валы, шестерни и другие нагруженные детали, подвергающиеся истиранию, но работающие без значительных ударных нагрузок. Рабочие валки блюмингов, слябингов, заготовочных, рельсобалочных, крупносортных, среднесортных и мелкосортных станов и рабочие валки всех размеров листовых станов для горячей прокатки металла. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1240-780 | Все размеры | Отжиг с перекристаллизацией, одно переохлаждение, отпуск | | | До 200 | | На воздухе | | | | | |
| Заготовка | 1220-800 | | | | | 201-300 | | В яме | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД – необходимы подогрев и последующая термообработка; КТ – необходима последующая термообработка. | | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 277 HB и σ _в = 740 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|---|---|------------------------------------|------|--|-------------------------|-----------------------------------|--|-----------------|-----------------|-----|
| 60ХГ | | Поковки — ОСТ 24.013.21–85. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 24.013.21–85 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,55–0,65 | 0,17–0,37 | 0,80–1,00 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 1,00–1,30 | ≤ 0,50 | — | — | — | 750 | 800 | — | — | 250 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 24.013.21–85 | Нормализация | 840–860 | Воздух | До 950 | — | — | — | — | — | — | 229–285 | | | |
| | Отпуск | 580–610 | Печь или воздух | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 820–840 | Масло | До 500 | — | — | — | — | — | — | 255–302 | | | |
| | Отпуск | 600–650 | Печь или воздух | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ, охлаждение с водой и низкий отпуск | | | Не определяются | | | | | | Поверхности 50–62 | — | | | |
| | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ, охлаждение с эмульсией и низкий отпуск | | | | | | | | | Поверхности 40–56 | — | | | |
| Назначение. Рабочие валки штрипсовых и мелкосортных станов для горячей прокатки металла. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | | | – 50 | | |
| — | — | — | | | 88 | — | 38 | — | 38 | — | Закалка 870°С, масло. Отпуск 650°С, масло. | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1220–800 | Поковки всех размеров: валки горячей прокатки | | Нормализация, два переохлаждения, отпуск | | До 200 | | В яме | | | | | | |
| Заготовка | 1220–800 | ответственного назначения | | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | 201–800 | | Отжиг с перекристаллизацией, одно переохлаждение | | | | | | |
| | | остальные | | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 235–285 HB, σ _B = 680 Н/мм ² K _r = 0,9 (твердый сплав), K _r = 0,75 (быстрорежущая сталь) | | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|--------------------|--|---|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 75ХМ | | Поковки — ОСТ 24.013.04–90, ОСТ 24.013.20–90. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 24.013.20–90 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,70–0,80 | 0,20–0,60 | 0,20–0,40 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 1,40–1,70 | ≤ 0,50 | 0,20–0,30 | — | — | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | HSD | | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | не менее | бочки | | | шейки | | |
| ОСТ 24.013.04–90 | Нормализация | 870 | Воздух | До 1000 | Не определяются | | 35–55 ¹ | 30–60 | — | — | | | |
| | Отпуск | 460–520 | Печь | До 1600 | | | 35–60 ² | | | | | | |
| | Закалка | 850 | Масло | До 1000 | Не определяются | | 45–60 ¹ | 30–60 | — | — | | | |
| | Отпуск | 400–520 | Печь | До 1600 | | | 45–75 ² | | | | | | |
| ОСТ 24.013.20–90 | Закалка ТПЧ | | | Свыше 300 до 2000 | Не определяются | | 50–69 ² | 30–55 | — | — | | | |
| | Отпуск | | | | | | 70–85 ² | | | | | | |
| ДЦ | Закалка ТПЧ | 910 | Вода | — | Не определяются | | 45–75 ² | — | — | — | | | |
| | Отпуск | 320–520 | Печь | | | | | | | | | | |
| ¹ Твердость рабочих валков. | | | | | | | | | | | | | |
| ² Твердость опорных валков. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Опорные валки и рабочие валки листовых станов для горячей прокатки металла. Опорные валки и бандажи составных опорных валков для холодной прокатки металла. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | | | | | До 100 | На воздухе | | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | 101–350 | В яме | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В нормализованном состоянии K _v = 0,90 (твердый сплав), K _v = 0,60 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--|---------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|----|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 75ХМФ | | Поковки — ОСТ 24.013.04-90, ОСТ 24.013.20-90, ОСТ 24.013.21-85. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 24.013.04-90 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,70–0,80 | 0,20–0,60 | 0,20–0,70 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 1,40–1,70 | ≤ 0,50 | 0,10–0,30 | 0,05–0,25 | — | 760 | 790 | — | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | HSD | | HRC | HB | |
|------------------|----------------------|-------|-------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------|-------|-----|---------|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | не менее | бочки | | | шейки |
| | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 24.013.04-90 | Нормализация | | | До 1600 | Не определяются | | 35–60 | 30–60 | — | — | |
| | Отпуск | | | | | | | | | | |
| | Закалка | | | | | | | | | | До 1600 |
| Отпуск | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 24.013.20-90 | Закалка ТПЧ | | | Свыше 300 до 2000 | Не определяются | | 50–69 | 30–55 | — | — | |
| | Отпуск | | | | | | 70–85 | | | | |
| ОСТ 24.013.21-85 | Нормализация | | | До 950 | Не определяются | | — | — | — | 241–285 | |
| | Отпуск | | | | | | | | | | |
| | Закалка | | | | | | | | | | До 500 |
| Отпуск | | | | | | | | | | | |

Назначение. Опорные валки листовых станов для горячей прокатки металла. Опорные валки и бандажи опорных составных валков для холодной прокатки металла. Кованые валки обжимных и сортовых станов для горячей прокатки металла.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–800 | | | До 100 | На воздухе |
| Заготовка | 1200–800 | | | 101–350 | В яме |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Не применяется для сварных конструкций. | В нормализованном состоянии K _v = 0,90 (твердый сплав), K _v = 0,60 (быстрорежущая сталь) | Мало чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|--------|-------------|------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------|
| 9ХФ, 9Х1Ф | | Поковки — ОСТ 24.013.20–90, ОСТ 24.013.21–85, ОСТ 24.013.04–90. Сортовой прокат — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | Марка стали | НД | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | V | Cu | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn [4] |
| 0,80–0,90 | 0,15–0,35 | 0,30–0,60 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 0,40–0,70 | ≤ 0,35 | 0,15–0,30 | ≤ 0,30 | 9ХФ | ГОСТ 5950–2000 | 700 | — | — | — | 215 |
| 0,85–0,95 | 0,20–0,50 | 0,20–0,70 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 1,40–1,70 | ≤ 0,50 | 0,10–0,25 | ≤ 0,25 | 9Х1Ф | ОСТ 24.013.20–90 | | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | HSD | | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | бочки | шейки | | | | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 800–820 | С печью | — | Не определяются | — | — | — | — | ≤ 241 | | | | | |
| | Закалка | 850–880 | Масло | ≤ 10 | | | | | | | ≥ 60 | — | | | |
| | Закалка | 820–840 | Вода | ≤ 10 | | | | | | | ≥ 60 | — | | | |
| ОСТ 24.013.20–90 | Нормализация | 860–880 | Воздух | До 2000 | Не определяются | — | — | 30–55 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 500–520 | С печью | | | | | | | | До 900 | 90–105 ¹ | | | |
| | Закалка ТПЧ | 910 | Вода | До 2000 | | | | | | | | | 70–85 ² | | |
| | Отпуск | 130–180 | С печью | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка ТПЧ | 910 | Вода | | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | 480–580 | С печью | — | — | — | 241–285 | | | | | | | | | |
| ОСТ 24.013.21–85 | Нормализация | 840–860 | Воздух | До 800 | Не определяются | — | — | — | — | 352–429 | | | | | |
| | Отпуск | 580–620 | С печью | | | | | | | | До 500 | | | | |
| | Закалка | 830–850 | Масло | — | | | | | | | | — | — | | |
| Отпуск | 480–520 | С печью | — | — | — | | | | | | | | | | |
| ОСТ 24.013.04–90 | Нормализация | 840–860 | Воздух | До 1000 | Не определяются | — | — | 30–60 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 480–520 | С печью | До 1600 | | | | | | | До 1000 | 45–60 ¹ | | | |
| | Закалка | 830–850 | Масло | До 1000 | | | | | | | | | До 1600 | 45–75 ² | |
| | | | | | | | | | | | Отпуск | 320–480 | | | С печью |

¹ Твердость рабочих валков.
² Твердость опорных валков.
³ Твердость бандажей.

Назначение. Рамные, ленточные, круглые пилы, ножи для холодной резки металла, обрезные матрицы и пуансоны холодной обрезки заусенцев, керны и другие. Рабочие валки и опорные валки с диаметром свыше 800 мм для холодной прокатки металла. Рабочие валки рельсобалочных, крупносортовых и проволочных обжимных и сортовых станов для горячей прокатки металла, подвергающиеся интенсивному износу и работающие в условиях минимальных или умеренных ударных нагрузок. Рабочие валки, опорные валки и бандажи составных опорных валков листовых, обжимных и сортовых станов для горячей прокатки металла.

| Предел выносливости, Н/мм ² [4] | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|-----------------|---|---|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | |
| 304 | — | 10 ⁷ | Нормализация 870°С. Отпуск 600°С. | | | | | — |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–800 | Все размеры | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | До 100 | На воздухе |
| Заготовка | 1150–800 | | | 101–350 | В яме |

| Свариваемость | Обработываемость резанием | Флокеночувствительность | |
|---|--|----------------------------------|--|
| | | Чувствительна | |
| | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| Не применяется для сварных конструкций. | В отожженном состоянии при ≤ 255 НВ, σ _в = 690 Н/мм ² , К _к = 0,9 (твердый сплав), К _к = 0,6 (быстрорежущая сталь) | Склонна | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|--|---------|---------|-----------|----|----|-----------|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 9ХСВФ | | Поковки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,85–0,95 | 0,90–1,10 | ≤ 0,30 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 1,30–1,50 | — | — | 0,10–0,20 | 0,40–0,60 | — | — | — | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | HSD | | HRC | HB |
|----|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------|----------|-------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | не менее | бочки | | |
| | | | | | бочки | шейки | | | | |
| ДЦ | Закалка | 860–870 | Вода | До 300 | Не определяются | | ≥ 90 | 30–55 | — | — |
| | Отпуск | 130–180 | Воздух | | | | | | | |
| | Закалка ТПЧ | 910–930 | Вода | До 300 | | | | | | |
| | Отпуск | 150–180 | Воздух | | | | | | | |

Назначение. Рабочие валки с диаметром бочки до 300 мм для станов холодной прокатки металла.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|--------------------|--------------------|-----------------------------|--|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | из заготовок | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | |
| Слиток | 1160–850 | | Отжиг с перекристаллизацией | | | | Отжиг с перекристаллизацией | |
| Заготовка | 1160–850 | | | | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Не применяется для сварных конструкций. | В нормализованном состоянии при 208–217 НВ, $\sigma_{в} = 774$ Н/мм ² K _v = 1,0 (твердый сплав), K _v = 0,45 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 90ХМФ | | Поковки — ОСТ 24.013.04–90. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 24.013.04–90 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,80–0,90 | 0,20–0,40 | 0,20–0,70 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 1,40–1,70 | ≤ 0,50 | 0,20–0,30 | 0,10–0,20 | — | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | HSD | | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | не менее | | | | бочки | шейки | |
| ОСТ 24.013.04–90 | Нормализация | 850–870 | Воздух | До 1600 | Не определяются | 35–60 ¹ | 30–60 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 480–510 | Печь | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 840–860 | Масло | До 1600 | Не определяются | 45–75 ¹ | 30–60 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 480–510 | Печь | До 300 | Не определяются | 60–85 ² | — | — | — | | | | |
| ¹ Твердость опорных валков. | | | | | | | | | | | | | |
| ² Твердость бандажей составных опорных валков. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Опорные валки всех размеров и бандажи составных опорных валков листовых станов для горячей прокатки металла. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1180–800 | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | 1180–800 | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при 170–207 НВ, σ _b = 620 Н/мм ² K _v = 0,85 (твердый сплав), K _v = 0,8 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------|-------|--------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------|--|
| 9X1 (9X) | | Поковки — ОСТ 24.013.20–90, ОСТ 24.013.21–85, ОСТ 24.013.04–90. Сортовой прокат — ГОСТ 5950–2000. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | |
| 0,80–0,95 | 0,25–0,45 | 0,15–0,40 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 1,40–1,70 | ≤ 0,35 | — | — | ≤ 0,30 | 745 | 783 | 700 | — | 270 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | HSD | | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | не менее | бочки | | | шейки | | | | |
| ГОСТ 5950–2000 | Отжиг | 800–820 | Печь | — | Не определяются | — | — | — | — | ≤ 229 | | | | | |
| | Закалка | 820–850 | Масло | Образцы | | | | | | | ≥ 62 | — | | | |
| ОСТ 24.013.20–90 | Закалка | 810–850 | Вода | До 250 | Не определяются | — | 30–55 | — | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 130–180 | Воздух | До 300 | | | | | | | 90–96 ¹ | 50–69 ² | | | |
| | Отпуск | 300–500 | Печь | | | | | | | | До 900 | | 95–105 ¹ | | |
| | Закалка ТПЧ | 910 | Вода | До 900 | | | | | | | | — | — | | |
| Отпуск | 130–180 | Воздух | — | | — | — | — | | | | | | | | |
| ОСТ 24.013.21–85 | Нормализация | 840–860 | Воздух | До 800 | Не определяются | — | — | — | — | 241–285 | | | | | |
| | Отпуск | 580–620 | Печь | До 500 | | | | | | | — | — | | | |
| | Закалка | 830–850 | Масло | | | | | | | | До 500 | — | — | | |
| | Отпуск | 480–520 | Печь | — | | | | | | | | — | — | 352–429 | |
| ОСТ 24.013.04–90 | Нормализация | 840–860 | Воздух | До 1000 | Не определяются | — | 30–60 | — | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 480–520 | Печь | До 1600 | | | | | | | 35–55 ¹ | 30–60 | | | |
| | | | | До 1000 | | | | | | | 45–60 ¹ | | | | |
| | Закалка | 830–850 | Масло | До 1600 | | | | | | | 45–75 ² | 30–60 | | | |
| | | | | До 300 | | | | | | | 60–85 ³ | | — | — | |
| | Отпуск | 320–480 | Печь | До 300 | | | | | | | — | — | | | |

¹ Твердость рабочих валков.
² Твердость опорных валков.
³ Твердость бандажей.

Назначение. Клейма, пробойники, холодновысадочные штампы, деревообрабатывающий инструмент и др. Рабочие валки и опорные валки для холодной прокатки металла. Рабочие валки рельсобалочных, крупносортовых и проволочных обжимных и сортовых станов для горячей прокатки металла, подвергающиеся интенсивному износу и работающие в условиях минимальных или умеренных ударных нагрузок. Рабочие валки, опорные валки и бандажные составных опорных валков листовых станов для горячей прокатки металла.

| Предел выносливости, Н/мм ² [4] | | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | |
| 426 | — | 10 ⁷ | 64 HRC | — | — | — | — | — | — | — |

| Технологические характеристики | | | | | |
|---|----------------------------------|--|---|----------------------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–800 | Все размеры | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | До 300 | В яме |
| Заготовка | 1180–800 | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокеночувствительность | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | В отожженном состоянии при 187–196 НВ, σ _в = 680 Н/мм ² , K _v = 0,95 (твердый сплав), K _v = 0,55 (быстрорежущая сталь) | | Чувствительна | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| | | | | Мало склонна | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|---|--|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 45XHM | | Поковки — ГОСТ 8479–70, ОСТ 24.013.04–90. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 24.013.04–90 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,40–0,50 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 1,30–1,70 | 1,20–1,60 | 0,10–0,30 | — | — | 750 | 780 | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 8479–70 | Нормализация | | | 101–300 | 440 | 635 | 14 | 40 | 54 | — | 197–235 | | |
| | | | | 301–500 | 440 | 635 | 13 | 35 | 49 | — | 197–235 | | |
| | Нормализация | | | 501–800 | 440 | 635 | 11 | 30 | 39 | — | 197–235 | | |
| | | | | 101–300 | 490 | 655 | 13 | 40 | 54 | — | 212–248 | | |
| | Закалка | | | 301–500 | 490 | 655 | 12 | 35 | 49 | — | 212–248 | | |
| | | | | 501–800 | 540 | 685 | 10 | 30 | 39 | — | 223–262 | | |
| | Отпуск | | | 101–300 | 590 | 735 | 13 | 40 | 49 | — | 235–277 | | |
| | | | | 301–500 | 590 | 735 | 12 | 35 | 44 | — | 235–277 | | |
| | | | | 501–800 | 590 | 735 | 10 | 30 | 39 | — | 235–277 | | |
| | | | | 301–500 | 685 | 835 | 11 | 33 | 39 | — | 262–311 | | |
| ОСТ 24.013.04–90 | Закалка | 840–870 | Масло | До 850 | — | — | — | — | — | — | 240–300 | | |
| | Отпуск | 580–640 | Печь | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 840–870 | Масло | 300–500 | 686 | 833 | 13 | 30 | 34,3 | — | 252–292 | | |
| | | | | 500–800 | 588 | 735 | 13 | 30 | 29,4 | | 222–269 | | |
| | Отпуск | 580–650 | Печь | 800–1200 | 490 | 637 | 12 | 28 | 29,4 | — | 187–241 | | |
| | | | | 300–500 | 539 | 735 | 13 | 30 | 29,4 | | 222–269 | | |
| | Нормализация | 850–880 | Воздух | 500–800 | 441 | 637 | 12 | 28 | 24,5 | — | 187–241 | | |
| | | | | 800–1200 | 392 | 588 | 12 | 25 | 24,5 | | 177–217 | | |
| Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и низкий отпуск | | Водный раствор глицерина или масло | — | Не определяются | | | | | Поверхности 42–58 | — | | | |
| Назначение. Оси опорных составных валков листовых станов для горячей прокатки металла, шестеренные валы и др. | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | До 1000 | Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 269 HB и σ _b = 700 Н/мм ² K _v = 0,9 (твердый сплав), K _v = 0,7 (быстрорежущая сталь) | | | | Сильно чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Мало склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|---|-----------------|---|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 50XH | | Поковки — ОСТ 24.013.04–90, ОСТ 24.013.21–85. Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,46–0,54 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,45–0,75 | 1,00–1,40 | — | — | ≤ 0,30 | 725 | 770 | 680 | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 4543–71 | В отожженном состоянии | | | — | Не определяются | | | | | | — | ≤ 207 | |
| | Закалка | 805–835 | Вода или масло | До 80 | 885 | 1080 | 9 | 40 | 49 | — | — | | |
| | Отпуск | 480–580 | Вода или масло | Свыше 80 до 150 | 885 | 1080 | 7 | 35 | 44 | — | — | | |
| | | | | Свыше 150 | 885 | 1080 | 6 | 30 | 42 | | | | |
| ОСТ 24.013.04–90 | Нормализация | 840–870 | Воздух | До 1500 | — | — | — | — | — | — | — | — | 223–277 |
| | Отпуск | 580–610 | Печь | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 830–860 | Масло | До 500 | — | — | — | — | — | — | — | — | 255–285 |
| | Отпуск | 580–650 | Печь | | | | | | | | | | |
| ОСТ 24.013.21–85 | Нормализация | 840–870 | Воздух | До 1500 | — | — | — | — | — | — | — | — | 223–277 |
| | Отпуск | 580–610 | Печь | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 830–860 | Масло | До 500 | — | — | — | — | — | — | — | — | 255–285 |
| | Отпуск | 580–650 | Печь | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Нормализация | 840–870 | Воздух | 100–300 | 451 | 764 | 12 | 35 | 29,4 | — | — | — | 229–290 |
| | | | | 301–600 | 421 | 735 | 12 | 30 | 24,5 | | | | 220–270 |
| | Отпуск | 580–680 | Печь | 601–900 | 392 | 686 | 11 | 25 | — | — | 207–260 | | |
| | | | | 901–1200 | 343 | 666 | 10 | 20 | — | — | 200–241 | | |
| | Закалка | 820 | Масло | До 60 | 785 | 980 | 9 | 40 | 49 | — | — | — | ≥ 269 |
| Отпуск | 500 | Вода или масло | | | | | | | | | | | |
| Закалка | 820–840 | Масло | До 120 | 635 | 780 | — | — | 59 | — | — | — | — | 250–285 |
| Отпуск | 550–600 | Вода или масло | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Рабочие валки блюмингов, слябингов, заготовочных, рельсобалочных, крупносортных и среднесортных станов и рабочие валки всех размеров листовых станов для горячей прокатки металла. Бандажи, шестерни, вал-шестерни и другие ответственные детали. Сталь склонна к закалочным трещинам. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1220–800 | До 1500 | Нормализация, одно | | | До 250 | На воздухе | | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | переохлаждение, отпуск | | | | 251–350 | В яме | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 207–260 HB и σ _b = 680 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,7 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | Склонна | | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|-------------|---|------------------------------------|--------------------|------|----------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------|----------------------|
| 60ХН | | Поковки — ОСТ 24.013.04–90, ОСТ 24.013.21–85. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 24.013.04–90 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,55–0,65 | 0,17–0,37 | 0,50–0,80 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 0,60–0,90 | 1,00–1,50 | — | — | — | 730 | 775 | 480 | 570 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ОСТ 24.013.04–90 | Закалка | 820–840 | Масло | До 500 | — | — | — | — | — | — | — | — | 255–302 ¹ |
| | Отпуск | 600–650 | Печь | | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 840–860 | Воздух | До 1200 | — | — | — | — | — | — | — | — | 229–285 ¹ |
| | Отпуск | 580–610 | Печь | До 1600 | — | — | — | — | — | — | — | — | 229–285 ² |
| ОСТ 24.013.21–85 | Закалка | | | До 500 | — | 706 | 10 | — | 24,5 | — | — | — | 255–302 ¹ |
| | Отпуск | | | | | | | | | | | | |
| | Нормализация | | | До 1500 | — | 666 | 10 | — | 24,5 | — | — | — | 229–285 ¹ |
| | Отпуск | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Твердость рабочих валков. | | | | | | | | | | | | | |
| ² Твердость опорных валков. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Рабочие валки блюмингов, слябингов, заготовочных, рельсобалочных и крупносортовых станков. Рабочие валки и опорные валки всех размеров листовых станков для горячей прокатки металла. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | |
| 392 | — | σ _{0,2} = 520 Н/мм ² , σ _в = 920 Н/мм ² | | | 125 | — | 112 | — | 92 | — | Закалка 870°С, масло. Отпуск 650°С, масло. | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1200–800 | До 1500 | Нормализация, одно переохлаждение, отпуск | | | До 250 | На воздухе | | | | | | |
| Заготовка | 1200–800 | | | | | 251–350 | В яме | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 229 НВ и σ _в = 680 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,7 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | | Склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|--------------------|-----|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 7Х2СМФ | | Поковки — ОСТ 24.013.20–90. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 24.013.20–90 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,70–0,80 | 0,70–1,00 | 0,60–1,00 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 1,70–2,20 | ≤ 0,50 | 0,35–0,60 | 0,15–0,30 | — | 780 | 835 | 625 | 700 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | HSD | | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | не менее | бочки | | | шейки | | |
| ОСТ 24.013.20–90 | Закалка ТПЧ | | | До 900 | Не определяются | | 95–105 | 30–55 | — | — | | | |
| | | | | Свыше 250 до 650 | | | | | | | 90–96 | | |
| | | | | Свыше 400 до 650 | | | | | | | 75–90 | | |
| Назначение. Рабочие валки кованные для холодной прокатки металла. | | | | | | | | | | | | | |
| Прокаливаемость | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | | Термообработка | | | |
| Расстояние от охлаждаемого торца, мм | HRC | Термообработка | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | |
| 100 | 62–63 | Закалка 900°С. | — | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1200–800 | — | | — | | | | — | | — | | | |
| Заготовка | | — | | — | | | | — | | — | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при ≤ 255 HB K _v = 0,6 (твердый сплав) | | | | | | — | | | |
| | | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | |
| | | | | | | | | | | — | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------|-------|--------|-----------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|--|
| 9Х2 | | Поковки — ОСТ 24.013.20–90, ОСТ 24.013.04–90. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 24.013.20–90 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,85–0,95 | 0,25–0,50 | 0,20–0,70 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 1,70–2,10 | ≤ 0,50 | — | — | ≤ 0,25 | 756 | 783 | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | HSD | | HRC | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | не менее | бочки | | | шейки | | | |
| ОСТ 24.013.20–90 | Закалка | 810–850 | Вода | До 900 | Не определяются | 30–55 | 30–60 | 30–60 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 130–180 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 300–500 | Печь | До 300 | | | | | | | 50–69 ² | | | |
| | Закалка ТПЧ | 910 | Вода | До 900 | | | | | | | 95–105 ¹ | | | |
| | Отпуск | 130–180 | Масляная ванна | | | | | | | | 70–85 ² | | | |
| | Закалка ТПЧ | 920 | Вода | До 300 | | | | | | | 70–85 ² | | | |
| Отпуск | 300–500 | Печь | | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 24.013.04–90 | Нормализация | 820–860 | Воздух | До 1000 | Не определяются | 30–60 | 30–60 | 30–60 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 480–520 | Печь | До 1600 | | | | | | | 35–55 ¹ | | | |
| | Закалка Отпуск | 810–850 320–480 | Масло Печь | До 1000 | | | | | | | 45–60 ¹ | | | |
| | | | | До 1600 | | | | | | | 45–75 ² | | | |
| | | | | До 1600 | | | | | | | 60–85 ³ | | | |
| | | | | До 300 | | | | | | | — | | | |

¹ Твердость рабочих валков.
² Твердость опорных валков.
³ Твердость бандажей.

Назначение. Рабочие валки и опорные валки для станов холодной прокатки металла. Рабочие валки, опорные валки и бандажы составных опорных валков листовых станов для горячей прокатки металла.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Прокаливаемость [4]

| Расстояние от торца, мм | 1,5 | 3,0 | 6,0 | 9,0 | 21,0 | 27,0 | 36,0 | 45,0 | 60,0 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Твердость HRC | 65,0 | 64,5 | 64,0 | 62,5 | 46,0 | 39,5 | 37,5 | 34,5 | 34,0 |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–800 | Все размеры | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | До 300 | В яме |
| Заготовка | 1180–800 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|---|
| Не применяется для сварных конструкций. | В отожженном состоянии при 187–196 НВ и σ _в = 680 Н/мм ² K _v = 0,95 (твердый сплав), K _v = 0,55 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------------|--|-------------|--------------------------------------|---|----------------------------------|-----------|------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|--|
| 9Х2В | | Поковки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | W | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| 0,85–0,95 | 0,25–0,45 | 0,20–0,35 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 1,70–2,10 | ≤ 0,30 | — | 0,30–0,60 | — | — | — | — | — | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | HSD | | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | не менее | бочки | | | шейки | | | | |
| ДЦ | Закалка | 850 | Вода | Свыше 400 | Не определяются | ≥ 90 | 30–55 | — | — | | | | | | |
| | Отпуск | 130–180 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка ТПЧ | 900 | Вода | Свыше 400 | | ≥ 90 | 30–55 | — | — | | | | | | |
| | Отпуск | 150–180 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Рабочие валки с диаметром бочки свыше 400 мм для станов холодной прокатки металла при тяжелых условиях эксплуатации. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | |
| — | — | — | | | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток | 1180–800 | Все размеры | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | | До 300 | В яме | | | | | | | | |
| Заготовка | 1180–800 | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В нормализованном состоянии при 255 НВ и σ _в = 930 Н/мм ² K _v = 0,65 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонна | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|--|-------------|---|------------------------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|----------------|--|--|
| 9X2СВФ | | Поковки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | | |
| 0,85–0,95 | 1,30–1,60 | ≤ 0,30 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 1,80–2,10 | 0,40–0,60 | — | 0,10–0,20 | 0,40–0,60 | 792 | 829 | — | — | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | HSD | | HRC | HB | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | не менее | бочки | | | шейки | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 870–880 | Вода | Свыше 300 | Не определяются | | ≥ 90 | 30–55 | — | — | | | | | | | |
| | Отпуск | 130–180 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка ТПЧ | 910–930 | Вода | Свыше 300 | | | | | | | ≥ 90 | 30–55 | — | — | | | |
| | Отпуск | 150–180 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Рабочие валки диаметром свыше 300 мм для станов холодной прокатки металла. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | | | | | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | | |
| Слиток | 1160–850 | | Отжиг с перекристаллизацией | | | | | Отжиг с перекристаллизацией | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1160–850 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В нормализованном состоянии при 208–217 HB, σ _в = 774 Н/мм ² K _v = 0,9 (твердый сплав), K _v = 0,45 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Чувствительна | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонна | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|-----------------------------------|--|---|------------------------------------|--------------------|-----------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| 9Х2МФ | | Поковки — ОСТ 24.013.20–90, ОСТ 24.013.21–85, ОСТ 24.013.04–90. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 24.013.20–90 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn [4] |
| 0,85–0,95 | 0,25–0,50 | 0,20–0,70 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 1,70–2,10 | ≤ 0,50 | 0,20–0,30 | 0,10–0,20 | ≤ 0,25 | 748 | 784 | 640 | 685 | 175 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | HSD | | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | не менее | бочки | | | шейки | | | |
| ОСТ 24.013.20–90 | Закалка | 850 | Вода | До 900 | Не определяются | 90–96 | 30–55 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 130–180 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| | Закалка ТПЧ | 900 | Вода | До 900 | Не определяются | 95–105 | 30–55 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 150–180 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | 260–360 | Воздух | Свыше 400 до 1200 | | | | | | | 75–90 | | | | |
| ОСТ 24.013.21–85 | Закалка | 830–850 | Масло | Свыше 500 | Не определяются | — | — | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 480–520 | С печью | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 24.013.04–90 | Нормализация | 830–850 | Воздух | До 1000 | Не определяются | 35–55 | 30–60 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 480–520 | С печью | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 830–850 | Масло | До 1000 | Не определяются | 45–60 | | | | | | | | |
| | Отпуск | 480–520 | Печь | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Рабочие валки для станов холодной прокатки металла при особо тяжелых условиях эксплуатации. Рабочие валки проволочных обжимных и сортовых станов. Рабочие валки листовых станов для горячей прокатки металла. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | | | | – 50 | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Прокаливаемость [4] | | | | | | | | | | | | | | |
| Расстояние от торца, мм | | 3,0 | 9,0 | 15,0 | 21,0 | 27,0 | 33,0 | 39,0 | 45,0 | 51,0 | 57,0 | | | |
| Твердость HRC | | 67,0 | 65,0 | 62,0 | 50,5 | 43,0 | 40,5 | 38,5 | 38,5 | 36,5 | 35,5 | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1180–800 | Все размеры | | Отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск | | | До 300 | | В яме | | | | | |
| Заготовка | 1180–800 | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при 170–207 HB и σ _в = 620 Н/мм ² K _v = 0,85 (твердый сплав), K _v = 0,8 (быстрорежущая сталь) | | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонна | | | | | |

СТАЛИ БЫСТРОРЕЖУЩИЕ

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------------|--|--------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|-----------|--------|-----------|-----------|
| 11P3AM3Ф2 | | Прутки и полосы — ГОСТ 19265–73. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19265–73 | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | W | Co | N | Nb |
| 1,02–1,12 | 0,20–0,50 | 0,20–0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,80–4,40 | ≤ 0,60 | 2,50–3,00 | 2,30–2,70 | ≤ 0,25 | 2,50–3,30 | ≤ 0,50 | 0,05–0,10 | 0,05–0,20 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | Kp ¹ , 58 HRC, °C | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19265–73 | Отжиг | — | — | — | — | — | — | ≤ 255 | | | | | |
| | Закалка Отпуск (2–3-х кратный по 1 ч) | 1190–1210 540–560 | Масло Воздух | От 80 до 200 | — | 620 | ≥ 63 | — | | | | | |
| ДЦ | Закалка Отпуск (3-х кратный по 1 ч) | 1180–1200 540–550 | Масло Воздух | — | 2800–3000 | 620 | 64–65 | — | | | | | |
| ¹ Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при 620°C. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Инструменты простой формы при обработке углеродистых и малолегированных сталей. Рекомендуется для изготовления режущего инструмента из листа (отрезные и прорезные фрезы, ножовочные полотна). | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | |
| 7 | — | | 8,0 | — | — | 5,6 | — | 5,2 | | | | | |
| Теплостойкость | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | |
| | Относительно стали P18 | | В воде | В масле | В селитре | На воздухе | | | | | | | |
| — | K _ш = 0,8 | | — | — | — | — | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1140–850 | В колодце при 750–800°C | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | — | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В отожженном состоянии при ≤ 255 HB K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | — | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|--------------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------|-----------|----------------------------------|------|----------------|----|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
| Р6М3 | | Сортовой прокат — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | W | Co | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,85–0,95 | ≤ 0,50 | ≤ 0,40 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,00–3,50 | ≤ 0,40 | 3,00–3,60 | 2,00–2,50 | — | 5,50–6,50 | — | 800 | 860 | 720 | 780 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _н , Н/мм ² | Kp ¹ , 58 HRC, °С | HRC | HB | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | — | — | — | — | — | — | ≤ 255 | | | | | | | |
| | Закалка | 1200–1230 | Воздух, масло, расплав солей | От 80 до 200 | 3200–3600 | 620 | 61–64 | — | | | | | | | |
| | Отпуск | 540–560 | В соляных ваннах | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 620°С. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Чистовые и получистовые инструменты небольших размеров (в основном сверла и зенкеры, а также дисковые фрезы и другие инструменты, заготовкой которых служат лист и полоса) для обработки деталей из конструкционных сталей с пределом прочности до 900 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Теплостойкость | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | | |
| | | | В воде | В масле | В селитре | На воздухе | | | | | | | | | |
| — | Пониженная | | — | — | — | — | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | | | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1140–850 | | | | | | | | | | | | | | Замедленное в колодце при 750–800°С |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при ≤ 255 HB K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | — | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------|--------------------|----------------------------------|-----------|----------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| P6M5 | | Прутки и полосы — ГОСТ 19265–73. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19265–73 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °C | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | V | Cu | W | Co | Mo | Ac ₁ | Ac _m | Ar ₁ | Ar _m |
| 0,82–0,90 | 0,20–0,50 | 0,20–0,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 3,80–4,40 | ≤ 0,60 | 1,70–2,10 | ≤ 0,25 | 5,50–6,50 | ≤ 0,50 | 4,80–5,30 | 815 | 880 | 730 | 790 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _н , Н/мм ² | Kp ¹ , 58 HRC, °C | HRC | HB | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19265–73 | Отжиг | — | — | — | — | — | — | ≤ 255 | | | | | | | |
| | Закалка | 1210–1230 | Масло | От 80 до 200 | — | 620 | ≥ 63 | — | | | | | | | |
| Отпуск (2–3-х кратный по 1 ч) | 540–560 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 1200–1230 | Масло | — | 3200–3600 | 620 | 64–65 | — | | | | | | | |
| | Отпуск (3-х кратный по 1 ч) | 540–560 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 620°C. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Все виды режущего инструмента при обработке обычных конструкционных материалов, а также предпочтительно для изготовления резьбонарезного инструмента, работающего с ударными нагрузками. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Теплостойкость | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | | |
| | Относительно стали P18 | | В воде | В масле | В селитре | На воздухе | | | | | | | | | |
| — | K _ш = 0,8 | | — | — | — | — | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток | 1160–850 | Замедленное в колодце при 750–800°C | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при ≤ 255 HB K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | — | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---|------------------------------------|------------------------------|-----------|----------------------------------|------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Р6М5К5 | | Прутки и полосы — ГОСТ 19265–73. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19265–73 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | W | Co | Ac ₁ | Ac _m | Ar ₁ | Ar _m |
| 0,86–0,94 | 0,20–0,50 | 0,20–0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,80–4,30 | ≤ 0,60 | 4,80–5,30 | 1,70–2,10 | ≤ 0,25 | 5,70–6,70 | 4,70–5,20 | 830 | 860 | 750 | 780 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _н , Н/мм ² | Кр ¹ , 58 HRC, °С | HRC | HB | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19265–73 | Отжиг | — | — | — | — | — | — | ≤ 269 | | | | | | | |
| | Закалка | 1220–1240 | Масло | От 80 до 200 | — | 630 | ≥ 64 | — | | | | | | | |
| Отпуск (2–3-х кратный по 1 ч) | 540–560 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 1210–1240 | — | — | 2600–3000 | 630 | 65–66 | — | | | | | | | |
| Отпуск (3-х кратный по 1 ч) | | | | | | | | | 540–560 | — | — | — | — | — | — |
| ¹ Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 630°С. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Черновые и получистовые инструменты при обработке улучшенных легированных, а также нержавеющей сталей. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Теплостойкость | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | | |
| | Относительно стали P18 | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | | | | |
| — | K _ш = 0,8 | | — | | — | | — | | — | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1200–900 | В колодце при 750–800°С | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при 269 HB K _v = 0,75 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | — | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|----------------------------------|--|---|---|------------------------------|-----------|--------------------|----------------------------------|----------------|-----------|--------|-----------|
| Р6М5К5-МП (ДИ 101-МП) | | Прутки и полосы — ГОСТ 28393-89. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 28393-89 | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | W | Co | O | N |
| 1,02-1,09 | ≤ 0,60 | ≤ 0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,80-4,30 | ≤ 0,40 | 4,80-5,30 | 1,70-2,20 | ≤ 0,25 | 6,00-7,00 | 4,80-5,30 | ≤ 0,02 | 0,02-0,06 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{\text{и}}$, Н/мм ² | Kp ¹ , 58 HRC, °C | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 28393-89 | Отжиг | — | — | — | — | — | — | ≤ 269 | | | | | |
| | Закалка | 1190-1210 | Масло | Прутки ∅ (2-150) □ (12-150) Полоса толщиной от 6 до 100 и шириной от 25 до 250 | 3000-3800 | 630 | ≥ 66 | — | | | | | |
| Отпуск (2-3-х кратный по 1 ч) | 560-580 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| ¹ Красностойкость стали определяется после 4-х часового отпуска при температуре 630°C. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Фасонные резцы, сверла, развертки, зенкеры, фрезы, долбяки, шеверы для обработки среднелегированных, коррозионно-стойких сталей, жаропрочных сталей и сплавов. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСЧУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Стойкость инструмента | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | |
| Коэффициент стойкости | В сравнении со сталью | Относительно стали марки Р6М5 | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | |
| 1,5-2,0 | Р6М5К5 | 1,0-1,3 | | — | | — | | — | | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокочувствительность | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В отожженном состоянии при ≤ 269 НВ K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | | — | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|----------------------------------|-------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------|-----------|--------------------|----------------------------------|--------------------|------------|--------|-----------|
| Р6М5Ф3-МП (ДИ 99-МП) | | Прутки и полосы — ГОСТ 28393-89. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 28393-89 | | | | | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | W | Co | O | N |
| 1,25-1,35 | ≤ 0,60 | ≤ 0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,80-4,30 | ≤ 0,40 | 5,50-6,00 | 3,10-3,70 | ≤ 0,25 | 5,70-6,70 | ≤ 0,50 | ≤ 0,02 | 0,02-0,06 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ_n , Н/мм ² | Kp ¹ , 58 HRC, °C | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 28393-89 | Отжиг | — | — | — | — | — | — | ≤ 269 | | | | | |
| | Закалка | 1190-1210 | Масло | Прутки \varnothing (2-150) \square (12-150) Полоса толщиной от 6 до 100 и шириной от 25 до 250 | 3500-4400 | 630 | ≥ 65 | — | | | | | |
| Отпуск (2-3-х кратный по 1 ч) | 560-580 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| ¹ Красностойкость стали определяется после 4-х часового отпуска при температуре 630°C. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Фасонные резцы, сверла, развертки, зенкеры, метчики, протяжки, фрезы, долбяки, шеверы для обработки низко- и среднелегированных сталей. Инструменты для холодного и полугорячего выдавливания легированных сталей и сплавов. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Стойкость инструмента | | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | |
| Коэффициент стойкости | | В сравнении со сталью | Относительно стали марки Р6М5 | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | |
| 1,3-1,8 | | Р6М5Ф3 | 1,0-1,2 | | — | | — | | — | | — | | |
| 2,0-5,0 | | X12МФ | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | | Температурный интервал ковки, °C | | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | | — | | — | | — | | — | | — | | | |
| Заготовка | | — | | — | | — | | — | | — | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокочувствительность | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при ≤ 269 HB K _v = 0,75 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | | — | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|---|------------------------------------|------------------|--------|--------------------|----------------------------------|-------------------------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| P9 | | Сортовой прокат — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °C | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | W | Co | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,85–0,95 | ≤ 0,50 | ≤ 0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,80–4,40 | ≤ 0,40 | ≤ 1,00 | 2,30–2,70 | — | 8,50–9,50 | ≤ 0,50 | 820 | 870 | 740 | 780 | 180 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _н , Н/мм ² | Кр, °C | HRC | HB | | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | — | — | — | — | — | — | ≤ 255 | | | | | | | | |
| | Закалка | 1230 | Масло | От 80 до 200 | — | 580 ¹ | ≥ 62 | — | | | | | | | | |
| Отпуск (3-х кратный по 1 ч) | 560 | Воздух | 2800–3200 | | 620 ² | | | | | | | | | | | |
| ¹ Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 580°C, 62 HRC. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ² Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 620°C, 58 HRC. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Для изготовления инструментов простой формы, не требующих большого объема шлифовки, для обработки обычных конструкционных материалов. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| Теплостойкость | Шлифуемость | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | | | | |
| | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | | | | | | |
| — | Пониженная | — | | — | | — | | — | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | | | | | | | | | | В колодце при 750–800°C | | | | | | |
| Заготовка | 1200–900 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | При 205–255 HB K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | | — | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------------------------------|-------------------|--|-------------------------------------|------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| P9M4K8 | | Прутки и полосы — ГОСТ 19265–73. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19265–73 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | V | W | Co | Ac ₁ | Ac _m | Ar ₁ | Ar _m |
| 1,00–1,10 | 0,20–0,50 | 0,20–0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,00–3,60 | ≤ 0,60 | 3,80–4,30 | ≤ 0,25 | 2,30–2,70 | 8,50–9,50 | 7,50–8,50 | 800 | 840 | 750 | 790 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{тн} , Н/мм ² | Kp ¹ , 58 HRC, °С | HRC | HB | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19265–73 | Отжиг | — | — | — | — | — | — | ≤ 285 | | | | | | | |
| | Закалка Отпуск (2–3-х кратный по 1 ч) | 1220–1240 540–560 | — | От 80 до 200 | — | 630 | ≥ 64 | — | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка Отпуск (3-х кратный по 1 ч) | 1210–1240 550–570 | — | — | 2200–2600 | 635 | 66–68 | — | | | | | | | |
| ¹ Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 630–635°С. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Все виды режущего инструмента при обработке высокопрочных, жаропрочных и нержавеющей сталей и сплавов, а также улучшенных легированных сталей. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Теплостойкость | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | |
| | | Относительно стали P18 | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | | | |
| — | | K _ш = 0,6 | | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1140–850 | | | В колодце при 750–800°С | | | | На воздухе | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | В яме | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флоксочувствительность | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В отожженном состоянии при 286 HB и σ _{тн} = 930–1000 Н/мм ² K _v = 0,65 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | — | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|------------------------------|---|------------------------------------|--|--------|-------------------------|------|----------------|----|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| P12 | | Сортовой прокат — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | W | Co | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,80–0,90 | ≤ 0,50 | ≤ 0,40 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,10–3,60 | ≤ 0,40 | ≤ 1,00 | 1,50–1,90 | — | 12,0–13,0 | — | 820 | 850 | 720 | 770 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _н , Н/мм ² | K _p ¹ , 58 HRC, °С | HRC | HB | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | — | — | — | — | — | — | ≤ 255 | | | | | | | |
| | Закалка | 1270–1290 | Воздух, масло, расплав солей | От 80 до 200 | 2600–3500 | 620 | 61–64 | — | | | | | | | |
| | Отпуск | 550–570 | В соляных ваннах | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 620°С. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Различные режущие инструменты (фрезы, протяжки, долбяки, шеверы, метчики, развертки) для обработки деталей из конструкционных сталей. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Механические свойства стали в термически обработанном состоянии | | | | | | | | | | | | | | | |
| t испытания, °С | | σ _н , Н/мм ² | | HV | | HRC | | | | | | | | | |
| 200 | | 3300 | | 800 | | 62 | | | | | | | | | |
| 400 | | 3870 | | 740 | | 60 | | | | | | | | | |
| 500 | | 3310 | | 686 | | 58 | | | | | | | | | |
| 550 | | 3190 | | 638 | | 56 | | | | | | | | | |
| 600 | | 2650 | | 595 | | 54 | | | | | | | | | |
| 650 | | 2260 | | 488 | | 48 | | | | | | | | | |
| Теплостойкость | Шлифуемость | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | | | |
| | | В воде | В масле | В селитре | На воздухе | | | | | | | | | | |
| — | Удовлетворительная | — | — | — | — | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | | | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1160–850 | | | | | | | В колодце при 750–800°С | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | В отожженном состоянии K _v = 0,7 (твердый сплав), K _v = 0,4 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | |
| | | | | | | — | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|----------------------------------|--|--|--------------------------------|------------------------------|-----------|----------------------------------|--------|----------------|--------|--------|-----------|
| P12MФ5-МП (ДИ 70-МП) | | Прутки и полосы — ГОСТ 28393-89. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 28393-89 | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | W | Co | O | N |
| 1,45-1,55 | ≤ 0,60 | ≤ 0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,80-4,30 | ≤ 0,40 | 1,00-1,50 | 4,00-4,60 | ≤ 0,25 | 11,50-12,50 | ≤ 0,50 | ≤ 0,02 | 0,02-0,06 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ_n , Н/мм ² | Kp ¹ , 58 HRC, °C | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 28393-89 | Отжиг | — | — | — | — | — | — | ≤ 285 | | | | | |
| | Закалка | 1200-1230 | Масло | Прутки \varnothing (2-150) □ (12-150) Полоса толщиной от 6 до 100 и шириной от 25 до 250 | 3000-4000 | 630 | ≥ 65 | — | | | | | |
| Отпуск (2-3-х кратный по 1 ч) | 560-580 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| ¹ Красностойкость стали определяется после 4-х часового отпуска при температуре 630°C. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Фасонные резцы для обработки среднелегированных сталей. Метчики, протяжки, фрезы для чистовой обработки среднелегированных, легированных, коррозионно-стойких и высокопрочных сталей. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Стойкость инструмента | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | |
| Коэффициент стойкости | В сравнении со сталью | R12MФ5 | Относительно стали марки P6M5 | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | |
| | | | | 1,5-2,0 | 1,0-1,2 | — | — | — | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В отожженном состоянии при ≤ 285 HB K _v = 0,5 (твердый сплав), K _v = 0,4 (быстрорежущая сталь) | | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | — | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|----------------------------------|---|---|---|------------------------------|-----------|----------------------------------|----------------|------------|-----------|--------|-----------|
| P12M3K5Ф2–МП (ДИ 103–МП) | | Прутки и полосы — ГОСТ 28393–89. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 28393–89 | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | W | V | Co | O | N |
| 1,05–1,15 | ≤ 0,60 | ≤ 0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,80–4,30 | ≤ 0,40 | 2,50–3,00 | ≤ 0,25 | 11,50–12,50 | 1,80–2,30 | 5,00–5,50 | ≤ 0,02 | 0,02–0,06 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{\text{т}}$, Н/мм ² | Kp ¹ , 58 HRC, °C | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 28393–89 | Отжиг | — | — | — | — | — | — | ≤ 285 | | | | | |
| | Закалка | 1210–1230 | Масло | Прутки ∅ (2–150) □ (12–150) Полоса толщиной от 6 до 100 и шириной от 25 до 250 | 2600–3500 | 635 | ≥ 66 | — | | | | | |
| Отпуск (2–3-х кратный по 1 ч) | 560–580 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| ¹ Красностойкость стали определяется после 4-х часового отпуска при температуре 635°C. | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Фасонные резцы, сверла, развертки, зенкеры, метчики, протяжки, фрезы (червячные, дисковые, концевые, специальные), долбяки, шеверы для обработки высокопрочных сталей, жаропрочных сталей и сплавов. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Стойкость инструмента | | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | |
| Коэффициент стойкости | В сравнении со сталью | Относительно стали марки P6M5 | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | |
| 1,5–2,0 | P12M3K5Ф2 | 1,0–1,3 | | — | | — | | — | | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В отожженном состоянии при ≤ 285 HB K _v = 0,4 (твердый сплав) | | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|---|---|------------------------------------|------------------------------|-----------|--------------------|----------------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| P18 | | Прутки и полосы — ГОСТ 19265–73. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19265–73 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | W | Co | Ac ₁ | Ac _m | Ar ₁ | Ar _m |
| 0,73–0,83 | 0,20–0,50 | 0,20–0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,80–4,40 | ≤ 0,60 | ≤ 1,00 | 1,00–1,40 | ≤ 0,25 | 17,0–18,5 | ≤ 0,50 | 820 | 860 | 725 | 770 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _н , Н/мм ² | Kp ¹ , 58 HRC, °С | HRC | HB | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19265–73 | Отжиг | — | — | — | — | — | — | ≤ 255 | | | | | | | |
| | Закалка | 1260–1280 | Масло, расплав солей или щелочей | От 80 до 200 | — | 620 | ≥ 62 | — | | | | | | | |
| Отпуск (2–3-х кратный по 1 ч) | 550–570 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 1270–1290 | Масло | — | 2600–3000 | 620 | 63–64 | — | | | | | | | |
| | Отпуск (3-х кратный по 1 ч) | 560–570 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 620°С. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Все виды режущего инструмента при обработке обычных конструкционных материалов. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Теплостойкость | Шлифуемость | | Критический диаметр, мм, при закалке | | | | | | | | | | | | |
| | | | В воде | | В масле | | В селитре | | На воздухе | | | | | | |
| — | Повышенная | | — | | — | | — | | — | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1220–850 | Замедленное в колодце при 750–800°С | | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В отожженном состоянии при 212–228 НВ и σ _n = 800 Н/мм ² K _n = 0,6 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | | — | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|-------------------------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------|-----------|----------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| P18K5Ф2 | | Прутки и полосы — ГОСТ 19265–73. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19265–73 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | V | W | Co | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,85–0,95 | 0,20–0,50 | 0,20–0,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 3,80–4,40 | ≤ 0,60 | ≤ 1,00 | ≤ 0,25 | 1,80–2,20 | 17,0–18,5 | 4,70–5,20 | 830 | 860 | 750 | 780 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _и , Н/мм ² | Kp ¹ , 58 HRC, °С | HRC | HB | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 19265–73 | Отжиг | — | — | — | — | — | — | ≤ 285 | | | | | | | |
| | Закалка | 1280 | Масло, расплав солей | От 80 до 200 | — | 630 | ≥ 63 | — | | | | | | | |
| Отпуск (2–3-х кратный по 1 ч) | 570 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 1280 | Масло, расплав солей | Образцы | 1800–2200 | 640 | 66–67 | — | | | | | | | |
| | Отпуск (3-х кратный по 1 ч) | 560 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 630°С. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Для черновых и полустойковых инструментов при обработке высокопрочных, нержавеющей и жаропрочных сталей. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Теплостойкость | Шлифуемость | Критический диаметр, мм, при закатке | | | | | | | | | | | | | |
| | | В воде | В масле | В селитре | На воздухе | | | | | | | | | | |
| — | Хорошая | — | — | — | — | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | | | |
| Слиток | 1220–850 | | Замедленное в колодце при 750–800°С | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обработываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | В отожженном состоянии при 285 HB K _v = 0,65 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | |
| | | | | | | — | | | | | | | | | |

Раздел 3. ЛИТЕЙНЫЕ СТАЛИ

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 15Л | | Отливки — ГОСТ 977–88, ТУ 5.961–11151–80. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | Группа отливок | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S ¹ | P ¹ | Cr | Ni | Mo | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,12–0,20 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,050 ≤ 0,045 ≤ 0,045 | ≤ 0,050 ≤ 0,040 ≤ 0,040 | — | — | — | — | I II III | 735 | 865 | 685 | 840 |
| ¹ Содержание S и P указано для основной стали. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB [1] | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация или Нормализация Отпуск | 910–930 910–930 670–690 | Воздух Воздух Воздух | До 100 | 196 | 392 | 24 | 35 | 49 | — | 109–136 | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| [1] | Отжиг | 880–900 | С печью | До 100 | Не определяются | | | | | — | — | | |
| Назначение. Корпусы, детали сварно-литых конструкций с большим объемом сварки, копровые бабы, блоки, ролики, поводки, захваты, пыльные рамы, плиты, подушки и другие неотчетливые детали, работающие под действием средних статических и динамических нагрузок. | | | | | | | | | | | | | |
| Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°С (ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Состояние стали | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | +20 | 0 | –20 | –40 | –60 | –80 | | | | | |
| 176 | — | σ _{0,2} = 196 Н/мм ² σ _в = 390 Н/мм ² 109–136 HB | 110 | — | 69 | 12 | 10 | 7 | Нормализация 940°С, воздух. Отпуск 680°С, воздух | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1512–1521 | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 0,9 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | K _{у.р} = 0,9 | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | | K _{т.у} = 1,0 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | K _{у.п} = 1,0 | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | | В нормализованном состоянии при 121–126 HB и σ _в = 392 Н/мм ² K _v = 1,50 (твердый сплав), K _v = 1,35 (быстрорежущая сталь) | | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | Группа отливок | НД | Температура критических точек, °С | | | |
|----------------------------|-----------|--|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|----------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 20Л | | Отливки — ГОСТ 977–88, ОСТ 26 291–94, ОСТ 108.961.04–80, ТУ 08.002.05015348–92, ТУ 5.961–11151–80. | | | | | | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | I II III | ГОСТ 977–88 | 735 855 680 835 | | | | |
| C | Si | Mn | S ¹ | P ¹ | Cr | Ni | Cu | | | | | | | |
| 0,17–0,25 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,050 ≤ 0,045 ≤ 0,045 | ≤ 0,050 ≤ 0,040 ≤ 0,040 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0,17–0,24 | 0,17–0,37 | 0,35–0,65 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | ≤ 0,25 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | ТУ 08.002. 05015348–92 | — | — | — | — | — |

¹ Содержание S и P указано для основной стали.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB [1] |
|-------------------|-------------------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация или Нормализация | 880–900 | Воздух | До 100 | 216 | 412 | 22 | 35 | 49 | — | 116–144 |
| | Отпуск | 630–650 | Воздух | | | | | | | | |
| | не менее | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04–80 | Нормализация | 880–900 | Воздух | До 100 | 216 | 412 | 22 | 35 | 49 | — | 116–144 |
| | Отпуск | 630–650 | Воздух | | | | | | | | |

Примечания.

1. Приемно-сдаточными показателями являются: предел текучести ($\sigma_{0,2}$), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (КСУ).
2. Временное сопротивление (σ_B), относительное сужение (ψ) и твердость (HB) не являются приемно-сдаточными показателями, но определяются и заносятся в документ о качестве.
3. По требованию согласованного чертежа для отливок деталей ГТУ производится определение механических свойств при рабочих повышенных и пониженных температурах. Данные показатели не являются приемно-сдаточными, но заносятся в документ о качестве.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----------------------|-------------------------------|---------|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 26 291–94 | Нормализация или Нормализация | ПС | | До 100 | 216 | 412 | 22 | 35 | 49 | — | — |
| | Отпуск | | | | | | | | | | |
| | не менее | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 08.002.05015348–92 | | ПС | | Длина и ширина от 100 до 2500, высота от 100 до 3500 | 196 | 392 | 20 | 45 | 34 | — | 111–156 |
| | | | | | | | | | | | |
| [1] | Отжиг | 870–890 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | — |

Назначение. Арматура, детали трубопроводов, крышки, патрубки, фланцы, шаботы, фасонные отливки деталей общего машиностроения, изготавливаемые методом выплавляемых моделей, детали сварно-литых конструкций с большим объемом сварки и другие неотчетственные детали, работающие под действием средних статических и динамических нагрузок, а также и другие детали, работающие при температуре от минус 40 до плюс 450°С под давлением.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°С (ПНАЭГ–7–008–89).

| Предел выносливости, Н/мм ² [1, 4] | | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | Термообработка |
|---|-------------|-----------------|---|---|-------|------|------|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | – 20 | – 60 | – 80 | |
| 211 | — | 10 ⁷ | $\sigma_{0,2} = 260$ Н/мм ² , $\sigma_B = 470$ Н/мм ² . | 55–83 | 41–64 | 6–12 | 3–5 | Отливки сечением 30 мм. Нормализация 870–890°С, воздух. Отпуск 630–650°С, воздух |
| 196 | — | — | $\sigma_{0,2} = 280$ Н/мм ² , $\sigma_B = 500$ Н/мм ² , 137 HB | | | | | |

| 20Л | | Механические свойства стали при различных температурах | | | | | | | | | |
|------|------------------------|--|----------------------|-------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|--|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Массовая доля, % | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [34] | Отжиг | 900 | С печью | 20 | 210 | 430 | 22 | 37 | 55 | 0,20–0,26 С 0,58–0,81 Мп | |
| | | | | 100 | 200 | 410 | 15 | 36 | 90 | | |
| | | | | 200 | 170 | 370 | 16 | 40 | 100 | | |
| | | | | 300 | 160 | 380 | 14 | 34 | 90 | | |
| | | | | 400 | 160 | 350 | 15 | 30 | 70 | | |
| | | | | 450 | 140 | 230 | 13 | 55 | 50 | | |
| | | | | 500 | 130 | 230 | 26 | 60 | 55 | | |
| | | | | 550 | 120 | 200 | 23 | 59 | 50 | | |
| | Нормализация Отпуск | 900 620–680 | Воздух Воздух | 20 | 240 | 500 | 22 | 37 | 55 | 0,25 С 0,74 Мп | |
| | | | | 200 | 230 | 470 | 16 | 40 | 110 | | |
| | | | | 300 | 230 | 480 | 14 | 24 | 100 | | |
| | | | | 400 | 230 | 440 | 18 | 54 | 80 | | |
| | | | | 450 | 210 | 350 | 20 | 66 | 65 | | |
| | | | | 500 | 190 | 250 | 22 | 70 | 55 | | |
| 550 | 150 | 180 | 21 | 59 | — | | | | | | |
| 600 | 135 | 150 | 22 | 73 | 60 | | | | | | |

| Механические свойства стали при различных температурах | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|-----------------|----------------------|----------------|-------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------|----------------------------|-----|---|----|----|-----|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| [36] | Отжиг | 860 | Воздух | Пруток | 20 | Образцы продольные | | | | | | — | | | | |
| | | | | | | Закалка Отпуск | 1080–1100 720–740, 2 ч | Воздух Воздух | 400 | 366 | 682 | | 22 | 55 | 90 | — |
| | | | | | | | | | 450 | 277 | 556 | | 27 | 80 | 137 | — |
| | | | | | | | | | 500 | 269 | 492 | | 28 | 84 | 126 | — |
| | 20 | 534 | 713 | | 22 | | | | 68 | 162 | 207 | | | | | |
| | Нормализация Отпуск | 880 650, 2 ч | Воздух Воздух | | 400 | 420 | 662 | 26 | 75 | 152 | 207 | | | | | |
| | | | | | 450 | 409 | 550 | 24 | 80 | 129 | 207 | | | | | |
| | | | | | 500 | 393 | 476 | 25 | 84 | 124 | 207 | | | | | |
| | | | | | 20 | 787 | 895 | 22 | 66 | 193 | 269 | | | | | |
| | Закалка Отпуск | 880 650, 2 ч | Масло Воздух | | 400 | 587 | 748 | 23 | 70 | 170 | 269 | | | | | |
| | | | | | 450 | 587 | 683 | 23 | 78 | 137 | 269 | | | | | |
| | | | | | 500 | 497 | 557 | 23 | 85 | 126 | 269 | | | | | |

| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|----------------------|-------|--|-------------------|---|-------------------|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [34] | Отжиг | 900 | С печью | 400 | 195 | 153 | 110 | 70 |
| | | | | 450 | 125 | 95 | — | — |
| | | | | 500 | 72 | 50 | 80 | 36 |
| [36] | ПС | | | 425 | 340 | 290 | — | 14 |
| | | | | 450 | 300 | 230 | — | 13 |
| | | | | 475 | 250 | 190 | — | — |
| | | | | 500 | 200 | 150 | — | 5,5 |
| | | | | 525 | 150 | 100 | — | — |
| | | | | 550 | 118 | 77 | 58 | 28 |

| 20Л | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------|---------------------|-------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|
| Механические свойства в зависимости от сечения литой заготовки | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Место вырезки образца | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Нормализация | 870–890 | Воздух до 250–300°C | 10 | Ц | 215–225 | 450–495 | 27–37 | 45–63 | — | 131 |
| | Отпуск | 630–650 | Воздух | 30 | Ц | 200–265 | 425–480 | 31–37 | 48–63 | 60–83 | 134–143 |
| | | | | 50 | Ц | 200–275 | 460–480 | 31–33 | 48–57 | 64–96 | 124–143 |
| | 100 | | | | Ц | 200–245 | 420–485 | 29–36 | 44–64 | 107–141 | 131–134 |
| | | | | | К | 210–245 | 440–490 | 30–34 | 44–64 | 92–153 | 131–143 |
| | 200 | | | | Ц | 210–255 | 430–470 | 14–34 | 24–61 | 103–149 | 121–143 |
| | | | | | К | 210–265 | 430–485 | 19–37 | 28–64 | 90–127 | 131 |

К — образцы вырезаны из приповерхностной зоны.

Ц — образцы вырезаны из центральной зоны.

| Механические свойства стали при температуре 20°C после длительного старения | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------|-------------------|----------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | Массовая доля, % |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | |
| [34] | Отжиг | 900 | С печью | 450 | — | 220 | 420 | 21 | 37 | 50 | 0,20–0,26 С 0,58–0,81 Мп 0,23–0,38 Si |
| | | | | 450 | 10000 | 250 | 460 | 24 | 35 | 40 | |
| | | | | 450 | 20000 | 220 | 450 | 24 | 42 | 70 | |
| | | | | 450 | 30000 | 250 | 460 | 20 | 37 | 70 | |
| | | | | 450 | 40000 | 220 | 460 | 22 | 40 | — | |
| | Нормализация Отпуск | 900 620–680 | Воздух Воздух | 500 | — | 210 | 420 | 22 | 38 | 60 | |
| | | | | 500 | 10000 | 230 | 390 | 25 | 36 | 60 | |
| | | | | 500 | 20000 | 230 | 390 | 20 | 31 | 60 | |
| | | | | 500 | 30000 | 220 | 370 | 19 | 36 | 70 | |

| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------|------------------|-------------------|-------|--------------------------------|--|-----|------|------|------|-----|-------|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время τ , ч | | | | | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 5000 | | 10000 |
| [36] | Закалка Отпуск | 880 650, 2 ч | Воздух | 450 | 150 | 98 | 85 | 83 | 75 | 71 | 58 | 207 |
| | | | | 450 | 250 | 150 | 130 | 123 | 112 | 102 | 82 | 207 |
| | Закалка Отпуск | 1000 650, 2 ч | Воздух | 450 | 150 | 109 | 101 | 98 | 92 | 83 | 70 | 217 |
| | | | | 450 | 250 | 182 | 717 | 162 | 149 | 132 | 105 | 217 |
| | Закалка Отпуск | 880 650, 2 ч | Масло | 400 | 150 | 89 | 68 | 65 | 57 | 53 | 45 | 269 |
| | | | | 400 | 250 | 138 | 106 | 99 | 84 | 77 | 64 | 269 |
| | | | | 400 | 350 | 190 | 136 | 120 | 109 | 98 | 82 | 269 |
| | | | | 450 | 150 | 83 | 66 | 61 | 54 | 47 | 33 | 269 |
| | | | | 450 | 250 | 123 | 93 | 87 | 78 | 68 | 52 | 269 |
| | Закалка Отпуск | 880 550, 2 ч | Масло | 350 | 125 | 103 | 103 | 102 | — | 98 | — | 340 |
| | | | | 350 | 180 | 146 | 145 | 144 | — | 134 | — | 340 |
| | | | | 350 | 245 | 208 | 200 | 198 | — | 186 | — | 340 |
| | | | | 350 | 380 | 296 | 291 | 288 | — | 28 | — | 340 |
| | | | | 400 | 120 | 95 | 90 | 87 | — | 72 | — | 340 |
| | | | | 400 | 190 | 143 | 128 | 122 | — | 106 | — | 340 |
| | | | | 400 | 340 | 190 | 170 | 163 | — | 138 | — | 340 |
| 400 | | | | 410 | 312 | 282 | 272 | — | 222 | — | 340 | |

| Технологические характеристики [1] | | | | | |
|--|-----------|--|-----------------|---|-----------------|
| Температура начала затвердевания стали, °C | 1512–1521 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 0,9$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{у.р} = 0,9$ |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | $K_{т.у} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной пористости | $K_{у.п} = 1,0$ |
| Свариваемость | | Обработываемость резанием | | Флокеночувствительность | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | В нормализованном состоянии при 121–126 НВ и $\sigma_a = 392$ Н/мм ² $K_v = 1,50$ (твердый сплав), $K_v = 1,35$ (быстрорежущая сталь) | | Не чувствительна | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| | | | | Не склонна | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|---|-------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|----------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 25Л | | Отливки — ГОСТ 977-88, ОСТ 108.961.02-79, ОСТ 108.961.03-79, ОСТ 108.961.04-80, ОСТ 26 291-94, ТУ 108.03.052-86, ТУ 108.00.104-83, ТУ 108.11.158-86, ТУ 108.671-84, ТУ 108-978-80, ТУ 5.961-11151-80. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | Группа отливок | НД | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S ¹ | P ¹ | Cr | Ni | Cu | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,22-0,30 | 0,20-0,52 | 0,45-0,90 | ≤ 0,050 ≤ 0,045 ≤ 0,045 | ≤ 0,050 ≤ 0,040 ≤ 0,040 | — | — | — | I II III | ГОСТ 977-88 | 735 | 840 | 680 | 824 |
| 0,22-0,27 | 0,20-0,52 | 0,40-0,90 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | ОСТ 108.961.03-79 | | | | |

¹ Содержание S и P указано для основной стали.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB [1] |
|-------------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977-88 | Нормализация | 880-900 | Воздух | До 100 | 235 | 441 | 19 | 30 | 39 | — | 121-151 |
| | Отпуск | 610-630 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 870-890 | Вода | До 100 | 294 | 491 | 22 | 33 | 34 | — | 150-170 |
| | Отпуск | 610-630 | Воздух | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.02-79 | Нормализация | 880-930 | Воздух | До 100 | 240 | 450 | 19 | 30 | 39 | — | — |
| | Отпуск | 620-650 | Воздух | | | | | | | | |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.02-79 | ПС | | | 250 | 200 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 300 | 180 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 350 | 160 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 400 | 150 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 425 | 140 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 450 | 130 | — | — | — | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.03-79 | Нормализация | 880-930 | Воздух | До 100 | 235 | 441 | 19 | 30 | 39 | — | 121-151 |
| | Отпуск | 620-650 | Воздух | | | | | | | | |

Фасонные отливки для арматуры и трубопроводов, поставляемые по ОСТ 108.961.03-79, подвергаются контролю гидравлическим давлением в соответствии с правилами Госгортехнадзора. Механические свойства по ГОСТ 977-88.

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.03-79 | ПС | | | 250 | 200 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 300 | 180 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 350 | 160 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 400 | 150 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 425 | 140 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 450 | 130 | — | — | — | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04-80 | Нормализация | 880-900 | Воздух | До 100 | 235 | 441 | 19 | 30 | 39 | — | 124-150 |
| | Отпуск | 610-630 | Воздух | | | | | | | | |

25.1

Механические свойства

Примечания.

1. Прямо-сдаточными показателями являются: предел текучести ($\sigma_{0,2}$), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (КСУ).
2. Временное сопротивление (σ_B), относительное сужение (ψ) и твердость (НВ) не являются прямо-сдаточными показателями, но определяются и заносятся в документ о качестве.
3. По требованию согласованного чертежа на отливках для деталей ГТУ, производится определение механических свойств при рабочих повышенных и пониженных температурах. Данные показатели не являются прямо-сдаточными, но заносятся в документ о качестве.

Механические свойства в интервале температур

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-------------------|--|---------|-------------------|---------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|--------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04-80 | Нормализация | 880-900 | Воздух | До 100 | 20 | 206-255 | 422-480 | 22-33 | 37-54 | 54-65 | — | — |
| | Отпуск | 610-630 | Воздух | | 200 | 168-196 | 363-422 | 10-20 | 40-50 | 108-118 | — | — |
| | | | | | 300 | 157-196 | 373-450 | 14-26 | 34-40 | 98-128 | — | — |
| | | | | | 400 | 157-196 | 343-450 | 15-16 | 30-60 | 78 | — | — |
| НД | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | | | |
| ОСТ 108.961.04-80 | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | Нормализация 880°C. Отпуск 620°C | | | | | |
| | 48 | 20 | 13 | 6 | — | — | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ОСТ 26 291-94 | Нормализация или Нормализация Отпуск | ПС | | До 100 | 235 | 441 | 19 | 30 | 39 | — | — | |
| | Закалка Отпуск | | | | | | | | | | | ПС |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.158-86 | Нормализация | 880-930 | Воздух | От 100 до 800 | 215 | 411 | 19 | 30 | 39 | — | — | |
| | Отпуск | 620-650 | Воздух | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [1] | Отжиг | 860-880 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | — | |
| | Цементация. Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и низкий отпуск | | | Эмульсия | — | Не определяются | | | | | Поверхности 55-60 | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [1, 4] | Нормализация | 900 | Воздух | До 400 | 305-315 | 520-530 | 21-23 | 27-28 | 62-64 | — | — | |
| | Нормализация | 900 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Закалка Отпуск | 880 580 | Вода Воздух | | | | | | | | | До 400 |

Назначение. Арматура паровых турбин, крышки, патрубки, фланцы приварные, детали арматуры и насосов, станины прокатных станов, шкивы, траверсы, поршни, бусы, крышки цилиндров, плиты настольные, рамы рольгангов и тележек, мульды, корпуса подшипников, рычаги, балансиры, зубчатые колеса, маховики, оси, валы, бабы паровых молотов, детали насосов и гидротурбин, детали сварно-литых конструкций и другие детали, работающие под действием средних статических и динамических нагрузок и другие детали, работающие при температуре от минус 40 до плюс 450°C под давлением.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь не чувствительна к перегреву.

| 25Л | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1, 2] | | | | | | Термообработка |
|---|-------------|---|--|----|------|------|------|------|--|
| Предел выносливости, Н/мм ² [1, 4] | | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | | | | | | |
| 206 | — | $\sigma_{0,2} = 235 \text{ Н/мм}^2$ | 48 | 20 | 13 | 12 | 6 | — | Без термообработки |
| | | $\sigma_b = 440 \text{ Н/мм}^2$ 124–151 НВ | 54 | 40 | 28 | 25 | 16 | 13 | Закалка 890°C, вода. Отпуск 630°C, воздух |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | | | | |
|-----|------------------------|---------|-------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|-------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [4] | Отжиг | 900 | С печью | 20 | 205–255 | 320–480 | 22–33 | 37–51 | 54–108 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | 100 | 195–225 | 400–450 | 15–27 | 36–46 | 88–127 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | 200 | 165–195 | 360–420 | 16–28 | 40–58 | 98–157 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | 300 | 155–195 | 370–450 | 14–26 | 34–43 | 88–137 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | 400 | 155–195 | 340–450 | 15–28 | 30–60 | 68–98 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | 500 | 125–160 | 225–295 | 26–34 | 60–75 | 54–83 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | 600 | 80–120 | 110–160 | 24–36 | 59–73 | 59–117 | — | — | | | | | | | | |
| | Нормализация Отпуск | 900 | Воздух | 20 | 235–265 | 490 | 22–26 | 37–51 | 54–68 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | 200 | 225 | 460 | 16–20 | 40–45 | 108–117 | — | — | | | | | | | | |
| | | 620–680 | Воздух | 300 | 225 | 470 | 14–17 | 24–31 | 98–127 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | 400 | 225 | 430 | 18–21 | 54–62 | 78 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | 500 | 185 | 245 | 22 | 70 | 54 | — | — | | | | | | | | |
| | | | | 600 | 130 | 145 | 22–27 | 73 | 59 | — | — | | | | | | | | |

Механические свойства при 20°C в зависимости от тепловой выдержки

| НД | Режим термообработки | | | Тепловая выдержка | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [4] | Отжиг | 900 | С печью | 450 | 10000 | 245 | 490 | 23 | 35 | 39 | — | | | | | |
| | | | | 500 | 10000 | 220 | 475 | 26 | 47 | 49 | — | | | | | |

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| | | | | | | | | |
| [4] | Отжиг | 900 | С печью | 400 | 186 | 150 | 108 | 69 |
| | | | | 450 | 118 | 93 | — | — |
| | | | | 500 | 69 | 47 | 78 | 35 |

Технологические характеристики [1]

| | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------|-----------------|---|-----------------|
| Температура начала затвердевания стали, °C | 1490–1504 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{у.р} = 1,0$ |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | $K_{т.у} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной пористости | $K_{у.п} = 1,0$ |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|----------------------------------|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | В термообработанном состоянии при 160 НВ $K_v = 1,25$ (твердый сплав), $K_v = 1,0$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | |
|--|-----------|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 30Л | | Отливки — ГОСТ 977–88, ТУ 108–978–80. | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | Группа отливок | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S ¹ | P ¹ | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,27–0,35 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,050 | ≤ 0,050 | I | 735 | 813 | 677 | 796 |
| 0,27–0,35 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,045 | ≤ 0,040 | II | | | | |
| 0,27–0,35 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,045 | ≤ 0,040 | III | | | | |

¹ Содержание серы и фосфора указано для основной стали.

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 880–900 | Воздух | До 100 | 255 | 471 | 17 | 30 | 34 | — | 131–157 ² |
| | Отпуск | 610–630 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 860–880 | Вода | До 100 | 294 | 491 | 17 | 30 | 34 | — | — |
| Отпуск | 610–630 | Воздух | | | | | | | | | |
| [1] | Отжиг | 860–880 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | — |

² Данные ЦНИИТМАШ.

Назначение. Корпусы и обоймы турбомашин, детали гидротурбин, рычаги, балансиры, корпуса редукторов, муфты, шкивы, кронштейны, детали сварно-литых конструкций, чаши и конусы засыпных аппаратов, станины, балки, опорные кольца, бандажки, маховики и другие детали, работающие под действием средних статических и динамических нагрузок.

| Предел выносливости, Н/мм ² [4] | | Состояние стали | Пределы длительной прочности и ползучести [36] | | | | |
|--|-----------------|--|--|---|-------------------|--|-------------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | | | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| 215 | — | σ _{0,2} = 340 Н/мм ² , σ _b = 640 Н/мм ² , 187 HB | 425 | 340 | 290 | — | 14 |
| | | | 450 | 300 | 230 | — | 13 |
| | | | 475 | 250 | 190 | — | — |
| | | | 500 | 200 | 150 | — | 5,5 |
| | | | 525 | 150 | 100 | — | — |
| | | | 550 | 118 | 77 | 58 | 28 |

| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------|-------------------|-------------|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|--------|-------------------------|-----|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [36] | Отжиг | 860 | Воздух | Пруток | 20 | 366 | 682 | 22 | 55 | 90 | — | |
| | | | | | образцы продольные | 400 | 307 | 658 | 26 | 75 | 117 | — |
| | | | | | | 450 | 277 | 556 | 27 | 80 | 137 | — |
| | | | | | | 500 | 269 | 492 | 28 | 84 | 126 | — |
| | | | | | | Нормализация | 880 | Воздух | Отпуск | 20 | 534 | 713 |
| | 400 | 420 | 662 | 26 | 75 | | | | | 152 | 207 | |
| | 450 | 409 | 550 | 24 | 80 | | | | | 129 | 207 | |
| | 500 | 393 | 476 | 25 | 84 | | | | | 124 | 207 | |
| | Закалка | 880 | Масло | Отпуск | 20 | 787 | 895 | 22 | 66 | 193 | 269 | |
| | | | | | 400 | 587 | 748 | 23 | 70 | 170 | 269 | |
| | | | | | 450 | 587 | 683 | 23 | 78 | 137 | 269 | |
| | Отпуск | 650, 2 ч | Воздух | | 500 | 497 | 557 | 23 | 85 | 126 | 269 | |

| 30Л | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| Механические свойства в зависимости от сечения литой заготовки | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Место вырезки образца | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Без термообработки | | | 40 | — | 245 | 460 | 12 | 22 | 33 | — |
| | | | | 80 | — | 245 | 470 | 12 | 17 | 28 | — |
| | | | | 120 | — | 245 | 470 | 12 | 19 | 31 | — |
| | Отжиг | 900 | Воздух | 170 | Ц | 230 | 430 | 25 | 35 | 57 | — |
| | Нормализация | 900 | | | | 255 | 480 | 28 | 44 | 59 | — |
| | Отпуск | 600 | Воздух | 400 | К | 310–320 | 530–535 | 14–16 | 20–21 | 30–36 | — |
| | Нормализация | 900 | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 580 | Воздух | 400 | Ц | 320–340 | 540–560 | 16–17 | 27–31 | 39–43 | — |
| | Нормализация | 900 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 800 | Вода | 400 | К | 320–330 | 545–550 | 20–25 | 28–30 | 74–88 | — |
| | Отпуск | 680 | Воздух | | | | | | | | |

К — образцы вырезаны из приповерхностной зоны.

Ц — образцы вырезаны из центральной зоны.

| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------|-------------------|--------|--------------------------------|--|-----|------|------|------|-------|-----|-----|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время τ , ч | | | | | | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 5000 | 10000 | | |
| [36] | Закалка | 880 | Воздух | 450 | 150 | 98 | 85 | 83 | 75 | 71 | 58 | 207 | |
| | Отпуск | 650, 2 ч | | 450 | 250 | 150 | 130 | 123 | 112 | 102 | 82 | 207 | |
| | Закалка | 1000 | Воздух | 450 | 150 | 109 | 101 | 98 | 92 | 83 | 70 | 217 | |
| | Отпуск | 650, 2 ч | | 450 | 250 | 182 | 717 | 162 | 149 | 132 | 105 | 217 | |
| | Закалка | 880 | Масло | 400 | 150 | 89 | 68 | 65 | 57 | 53 | 45 | 269 | |
| | Отпуск | 650, 2 ч | | Воздух | 400 | 250 | 138 | 106 | 99 | 84 | 77 | 64 | 269 |
| | | | | | 400 | 350 | 190 | 136 | 120 | 109 | 98 | 82 | 269 |
| | | | | | 450 | 150 | 83 | 66 | 61 | 54 | 47 | 33 | 269 |
| | | | | | 450 | 250 | 123 | 93 | 87 | 78 | 68 | 52 | 269 |
| | | | | | 400 | 120 | 95 | 90 | 87 | — | 72 | — | 340 |
| | Закалка | 880 | Масло | 350 | 125 | 103 | 103 | 102 | — | 98 | — | 340 | |
| | Отпуск | 550, 2 ч | | Воздух | 350 | 180 | 146 | 145 | 144 | — | 134 | — | 340 |
| | | | | | 350 | 245 | 208 | 200 | 198 | — | 186 | — | 340 |
| | | | | | 350 | 380 | 296 | 291 | 288 | — | 28 | — | 340 |
| | | | | | 400 | 120 | 95 | 90 | 87 | — | 72 | — | 340 |
| | | | | | 400 | 190 | 143 | 128 | 122 | — | 106 | — | 340 |
| 400 | | | | | 340 | 190 | 170 | 163 | — | 138 | — | 340 | |
| 400 | | | | | 410 | 312 | 282 | 272 | — | 222 | — | 340 | |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-----------|---|-----------------|---|-----------------|
| Температура начала затвердевания стали, °C | 1490–1504 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{у.р} = 1,0$ |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойкости | $K_{т.у} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной пористости | $K_{у.п} = 1,0$ |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокеночувствительность | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | В отожженном состоянии при 160 НВ и $\sigma_b = 450$ Н/мм ² $K_v = 1,25$ (твердый сплав), $K_v = 1,00$ (быстрорежущая сталь) | | Не чувствительна | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| | | | | Не склонна | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|---------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|-------------------|---|-------------------------|----------------------|
| 35Л | | Отливки — ГОСТ 977–88, ОСТ 26 291–94, ТУ 108.03.052–86. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | Группа отливков | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S ¹ | P ¹ | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| 0,32–0,40 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,050 | ≤ 0,050 | I | 730 | 802 | 691 | 795 | | |
| 0,32–0,40 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,045 | ≤ 0,040 | II | | | | | | |
| 0,32–0,40 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,045 | ≤ 0,040 | III | | | | | | |
| ¹ Содержание серы и фосфора указано для основной стали. | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 860–880 | Воздух | До 100 | 275 | 491 | 15 | 25 | 34 | — | 137–166 ² |
| | Отпуск | 600–630 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка Отпуск | 860–880 600–630 | Вода Воздух | До 100 | 343 | 540 | 16 | 20 | 29 | — | 179–269 ² |
| [1] | Отжиг | 850–870 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | — |
| | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и низкий отпуск | | Вода | — | Не определяются | | | | | Поверхности 35–40 | — |
| | Поверхностная закалка с нагревом газовым пламенем | | — | — | Не определяются | | | | | Поверхности ≥ 30 | — |
| ² Данные ЦНИИТМАШ. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Корпусы и обоймы турбомашин, станины прокатных станов, зубчатые колеса, детали гидротурбин, тяги, бегунки, бабы паровых молотов, задвижки, балансиры, диафрагмы, катки, вилки, кронштейны и другие детали, работающие под действием средних статических и динамических нагрузок. Стяжные кольца плавающих головок подогревателей и теплообменников, работающих при температуре от минус 30°С до плюс 450°С. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Состояние стали | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | |
| 216 | — | σ _{0,2} = 270 Н/мм ² , σ _в = 490 Н/мм ² , 137–166 HB | 29 | 25 | 14 | — | 10 | 8 | Без термообработки Отжиг при 860°С Нормализация 860–880°С. Отпуск 600–620°С, выдержка 3 ч, воздух После нормализации и отпуска закалка 860–870°С в масле. Отпуск 620–630°С, выдержка 3 ч, воздух | | |
| | | | 37 | 30 | 29 | 29 | 27 | 19 | | | |
| | | | 57–66 | — | 31–50 | — | 23–45 | — | | | |
| | | | 83–104 | — | 41–87 | — | 50–69 | — | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | |
| | | 1·10 ⁴ | | 1·10 ⁵ | | 1/10 ⁴ | | 1/10 ⁵ | | | |
| [36] | 425 | 340 | | 290 | | — | | 14 | | | |
| | 450 | 300 | | 230 | | — | | 13 | | | |
| | 475 | 250 | | 190 | | — | | — | | | |
| | 500 | 200 | | 150 | | — | | 5,5 | | | |
| | 525 | 150 | | 100 | | — | | — | | | |
| | 550 | 118 | | 77 | | 58 | | 28 | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [36] | Отжиг | 860 | Воздух | Пруток Образцы продольные | 20 | 366 | 682 | 22 | 55 | 90 | — |
| | | | | | 400 | 307 | 658 | 26 | 75 | 117 | — |
| | | | | | 450 | 277 | 556 | 27 | 80 | 137 | — |
| | | | | | 500 | 269 | 492 | 28 | 84 | 126 | — |
| | Нормализация Отпуск | 880 650, 2 ч | Воздух Воздух | | 20 | 534 | 713 | 22 | 68 | 162 | 207 |
| | | | | | 400 | 420 | 662 | 26 | 75 | 152 | 207 |
| | | | | | 450 | 409 | 550 | 24 | 80 | 129 | 207 |
| | | | | | 500 | 393 | 476 | 25 | 84 | 124 | 207 |
| | Закалка Отпуск | 880 650, 2 ч | Масло Воздух | | 20 | 787 | 895 | 22 | 66 | 193 | 269 |
| | | | | | 400 | 587 | 748 | 23 | 70 | 170 | 269 |
| | | | | | 450 | 587 | 683 | 23 | 78 | 137 | 269 |
| | | | | | 500 | 497 | 557 | 23 | 85 | 126 | 269 |

| 35Л | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|------------|---------|---------|
| Механические свойства в зависимости от сечения литой заготовки | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Место вырезки образца | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | в пределах | | |
| [4] | Нормализация | 860–880 | Воздух | 10 | Ц | 235–275 | 550–590 | 22–28 | 28–43 | 50–78 | 143–156 | | | |
| | | | | 30 | Ц | 235–295 | 540–570 | 23–28 | 33–42 | 57–66 | 137–156 | | | |
| | | | | 50 | Ц | 290–450 | 570–590 | 22–27 | 56–64 | 64–98 | 154–186 | | | |
| | | | | 100 | Ц | 245–250 | 400–520 | 13–20 | 16–25 | 34–41 | 143–156 | | | |
| | | | | | К | 245–250 | 350–510 | 13–20 | 16–25 | 64–54 | 136–156 | | | |
| | | | | 200 | Ц | 275–295 | 530–550 | 13–18 | 14–28 | 98–131 | 163–170 | | | |
| | Отпуск | 600–620, 3 ч 500, 1 ч | В печи, далее воздух | 200 | К | 295–310 | 560–590 | 17–27 | 19–40 | 101–117 | 163–196 | | | |
| | | | | Нормализация | 860–870 | Масло | 10 | Ц | 330–370 | 620–660 | 24–28 | 44–49 | 73–94 | 162–206 |
| | | | | | | | 30 | Ц | 365–400 | 610–640 | 23–29 | 47–57 | 83–103 | 156–187 |
| | | | | Отпуск | 620–630, 3 ч | Воздух | 50 | Ц | 365–550 | 590–640 | 22–31 | 33–66 | 104–169 | 162–178 |
| | | | | | | | 100 | Ц | 345–365 | 560–580 | 24–29 | 28–48 | 76–108 | 170 |
| | | | | Отпуск | 3 ч | Воздух | 100 | К | 345–380 | 570–600 | 22–33 | 36–58 | 76–96 | 170 |
| 200 | Ц | 300–330 | 550–580 | | | | 16–25 | 21–34 | 70–94 | 156–170 | | | | |
| 200 | К | 300–335 | 550–600 | 18–26 | 25–36 | 68–98 | 156–170 | | | | | | | |

К — образцы вырезаны из приповерхностной зоны.

Ц — образцы вырезаны из центральной зоны.

| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------|-------------------|-------|--------------------------------|--|-----|------|------|------|-------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время τ , ч | | | | | | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 5000 | 10000 | |
| [36] | Закалка | 880 | Воздух | 450 | 150 | 98 | 85 | 83 | 75 | 71 | 58 | 207 |
| | | | | 450 | 250 | 150 | 130 | 123 | 112 | 102 | 82 | 207 |
| | Отпуск | 650, 2 ч | Воздух | 450 | 150 | 109 | 101 | 98 | 92 | 83 | 70 | 217 |
| | | | | 450 | 250 | 182 | 717 | 162 | 149 | 132 | 105 | 217 |
| | Закалка | 880 | Масло | 400 | 150 | 89 | 68 | 65 | 57 | 53 | 45 | 269 |
| | | | | 400 | 250 | 138 | 106 | 99 | 84 | 77 | 64 | 269 |
| | Отпуск | 650, 2 ч | Воздух | 400 | 350 | 190 | 136 | 120 | 109 | 98 | 82 | 269 |
| | | | | 450 | 150 | 83 | 66 | 61 | 54 | 47 | 33 | 269 |
| | 450 | 250 | Воздух | 450 | 150 | 123 | 93 | 87 | 78 | 68 | 52 | 269 |
| | | | | 350 | 125 | 103 | 103 | 102 | — | 98 | — | 340 |
| | Закалка | 880 | Масло | 350 | 180 | 146 | 145 | 144 | — | 134 | — | 340 |
| | | | | 350 | 245 | 208 | 200 | 198 | — | 186 | — | 340 |
| | Отпуск | 550, 2 ч | Воздух | 350 | 380 | 296 | 291 | 288 | — | 28 | — | 340 |
| | | | | 400 | 120 | 95 | 90 | 87 | — | 72 | — | 340 |
| | 400 | 190 | 143 | 128 | 122 | — | 106 | — | 340 | | | |
| | 400 | 340 | 190 | 170 | 163 | — | 138 | — | 340 | | | |
| 400 | 410 | 312 | 282 | 272 | — | 222 | — | 340 | | | | |

Технологические характеристики [1]

| | | | | | |
|--|-----------|---|-----------------|---|-----------------|
| Температура начала затвердевания стали, °C | 1480–1490 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{у.р} = 1,2$ |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трициноустойчивости | $K_{т.у} = 0,8$ | Склонность к образованию усадочной пористости | $K_{у.п} = 1,0$ |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокеночувствительность | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 160 НВ и $\sigma_b = 470$ Н/мм ² $K_v = 1,2$ (твердый сплав), $K_v = 0,9$ (быстрорежущая сталь) | | Не чувствительна | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| | | | | Не склонна | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|--|----------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------|-------------------------|-----|----------------------|
| 40Л | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | Группа отливок | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S ¹ | P ¹ | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | |
| 0,37–0,45 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,050 | ≤ 0,050 | I | 735 | 810 | 690 | — | 300 | |
| 0,37–0,45 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,045 | ≤ 0,040 | | | | | | | II |
| 0,37–0,45 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,045 | ≤ 0,040 | III | 720 | 800 | 700 | — | 360 | |
| ¹ Содержание серы и фосфора указано для основной стали. | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 860–880 | Воздух | До 100 | 294 | 520 | 14 | 25 | 29 | — | 146–173 ² |
| | Отпуск | 600–630 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 860–880 | Вода | До 100 | 343 | 540 | 14 | 20 | 29 | — | — |
| | Отпуск | 600–630 | Воздух | | | | | | | | |
| [1] | Отжиг | 850–870 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | — |
| ² Данные ЦНИИТМАШ. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Станины, корпуса, муфты, тормозные диски, шестерни, кожухи, вилки, звездочки и другие детали, работающие при температурах до 400°С. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Состояние стали | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | |
| 225 | — | σ _{0,2} = 290 Н/мм ² , σ _в = 520 Н/мм ² , 146–173 HB | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1480–1490 | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 1,0 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | K _{у.р} = 1,2 | | |
| Линейная усадка, % | | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | | K _{т.у} = 0,8 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | K _{у.п} = 1,0 | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, ЭШ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | В термообработанном состоянии при 173 HB и σ _в = 520 Н/мм ² K _γ = 1,1 (твердый сплав), K _γ = 1,0 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | |
|--|-----------|---|----------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 45Л | | Отливки — ГОСТ 977–88, ОСТ 26 291–94, ТУ 108.03.052–86. | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | Группа отливков | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S ¹ | P ¹ | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,42–0,50 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,050 | ≤ 0,050 | I | 725 | 770 | 690 | 720 |
| 0,42–0,50 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,045 | ≤ 0,040 | II | | | | |
| 0,42–0,50 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,045 | ≤ 0,040 | III | | | | |

¹ Содержание серы и фосфора указано для основной стали.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------|--|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-------------------|----------------------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 860–880 | Воздух | До 100 | 314 | 540 | 12 | 20 | 29 | — | 153–229 ² |
| | Отпуск | 600–630 | Воздух или печь | | | | | | | | |
| | Закалка | 860–880 | Вода | До 100 | 392 | 589 | 10 | 20 | 25 | — | 220–260 ² |
| | Отпуск | 600–630 | Воздух | | | | | | | | |
| [1] | Отжиг | 850–870 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | — |
| | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и низкий отпуск | | Вода | — | Не определяются | | | | | Поверхности 40–55 | — |

² Данные ЦНИИТМАШ.

Назначение. Стяжные кольца плавающих головок подогревателей и теплообменников, работающие при температуре от минус 30 до плюс 450°С под давлением. Станины, зубчатые колеса и венцы, тормозные диски, муфты, кожухи, опорные катки, рычаги, звездочки, храповики, клинья, направляющие водила, кулачки и другие ответственные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и высокого сопротивления износу, работающие под действием статических и динамических нагрузок.

Сталь чувствительна к перегреву.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|---|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | |
| 229 | — | σ _{0,2} = 310 Н/мм ² , σ _в = 660 Н/мм ² , 187 HB | — | — | — | — | — | — | — |
| 245 | — | σ _{0,2} = 340 Н/мм ² , σ _в = 640 Н/мм ² , 179 HB | | | | | | | |
| 274 | — | σ _{0,2} = 475 Н/мм ² , σ _в = 730 Н/мм ² , 207 HB | | | | | | | |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------|------------------------|---|------------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1480–1490 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 1,0 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,2 |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 0,8 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 1,0 |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|----------------------------------|
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Необходимы подогрев и последующая термообработка | В нормализованном и отпущенном состоянии при 200 HB и σ _в = 540 Н/мм ² K _v = 1,0 (твердый сплав), K _v = 0,7 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----|----|----|----|----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 50Л | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | Группа отливок | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S ¹ | P ¹ | Cr | Ni | Mo | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,47–0,55 | 0,20–0,52 | 0,45–0,90 | ≤ 0,040 ≤ 0,035 ≤ 0,030 | ≤ 0,040 ≤ 0,035 ≤ 0,030 | — | — | — | — | I II III | 725 | 760 | 690 | 750 |
| ¹ Содержание серы и фосфора указано для основной стали. | | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-------------|--------------------------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|------------------------------------|----------------------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 860–880 | Воздух | До 100 | 334 | 569 | 11 | 20 | 25 | — | 170–199 ² |
| | Отпуск | 600–630 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 860–880 | Вода | До 100 | 392 | 736 | 14 | 20 | 29 | — | 220–260 ² |
| | Отпуск | 600–630 | Воздух | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | 830–850 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | — |
| | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ | — | Вода или эмульсия | — | Не определяются | | | | | Поверхности ≥ 55 40–48 30–40 | — |
| | | 160–180 | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 350–400 | Воздух | — | Не определяются | | | | | Поверхности ≥ 55 40–48 30–40 | — |
| 500–550 | | Воздух | | | | | | | | | |

² Данные ЦНИИТМАШ.

Назначение. Зубчатые колеса и муфты подъемно-транспортных машин, ходовые колеса, бегунки, зубчатые сектора и венцы, полумуфты, скаты, тормозные диски различных машин, втулки зубчатых муфт и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной твердости.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | |
|--|-----------------|---|---|---|-------|------|-------|------|----------------|--|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | – 60 |
| 245 | — | σ _{0,2} = 330 Н/мм ² , σ _в = 570 Н/мм ² , 156–190 НВ. | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | — | Без термообработки. |
| | | | 30 | — | 17 | 12 | — | 8 | — | Нормализация с 850°С, отпуск при 550–600°С. |
| | | | 34–60 | — | 6–11 | — | 6–12 | — | 10–23 | Нормализация 860–880°С, охлаждение на воздухе до 300–350°С, 2 ч, отпуск 600–620°С, выдержка 3 ч, охлаждение 1 ч в печи до 500°С, далее воздух. |
| | | | 40–59 | — | 28–39 | — | 19–31 | — | 10–23 | После нормализации и отпуска закалка 860–870°С в масле. Отпуск 620–630°С, выдержка 3 ч, воздух. |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-----------|--|------------------------|---|------------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1466–1476 | Жидкотекучесть | К _{ж.т} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной раковины | К _{у.р} = 1,3 |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | К _{т.у} = 0,6 | Склонность к образованию усадочной пористости | К _{у.п} = 1,0 |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокеночувствительность | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | В термообработанном состоянии при 196–207 НВ и σ _в = 600 Н/мм ² К _в = 0,70 (твердый сплав), К _в = 0,55 (быстрорежущая сталь) | | Не чувствительна | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| | | | | Не склонна | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------------------------------------|--|------------------------|--------------------------------------|---|------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 70Л | | Отливки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,65–0,75 | 0,17–0,37 | ≤ 0,40 | ≤ 0,045 | ≤ 0,045 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | — | — | 730 | 745 | 690 | 725 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ДЦ | Отжиг | 800–820 | С печью | — | Не определяются | | | | | | — | — | |
| | Нормализация | 820–840 | Воздух | До 100 | 343 | 392 | 6 | — | — | — | ≤ 255 | | |
| | Отпуск | 630–650 | С печью | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 800–820 | Вода | До 100 | Не определяются | | | | | | — | 280–380 | |
| | Отпуск | 450–500 | Воздух | | | | | | | | | | |
| Назначение. Ходовые колеса диаметром до 1000 мм мостовых кранов большой грузоподъемности. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1466–1476 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 1,0 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | K _{у.р} = 1,3 | | | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 0,6 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | K _{у.п} = 1,0 | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В отожженном состоянии при 240–250 НВ K _v = 0,55 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|------------------------|--|--|--------------------------------------|------------------------------------|------|---|-------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--|
| 20ФЛ | | Отливки — ГОСТ 977-88. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977-88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,14–0,25 | 0,20–0,52 | 0,70–1,20 | ≤ 0,050 | ≤ 0,050 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,30 | 0,06–0,12 | 725 | 860 | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 977-88 | Нормализация | 920–960 | Воздух | До 100 | 294 | 491 | 18 | 35 | 49 | — | — | | | |
| | Отпуск | 600–650 | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Без термообработки | | | 6 | 355 | 610 | 22 | 47 | — | — | — | | | |
| | Нормализация | 940 | Воздух | Образцы | 320 | 550 | 29 | 62 | — | — | — | | | |
| | Нормализация | 940 | Воздух | Образцы | 355 | 530 | 27 | 59 | — | — | — | | | |
| | Отпуск | 650 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 1170 | Воздух | Образцы | 405 | 620 | 25 | 58 | — | — | — | | | |
| | Нормализация | 940 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 650 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| | Термоциклирование: | | | | Образцы | 440 | 635 | 25 | 56 | — | — | — | | |
| | Нормализация | 1070 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 520 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| Нормализация | 870 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| Отпуск | 520 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| Нормализация | 850 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Детали вагонов: корпуса автосцепки, тяговый хомут, надрессорная балка и боковая рама тележек; металлургическое и горнодобывающее оборудование. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | | - 80 | | | | |
| 245 | — | 10 ⁷ | σ _{0,2} = 350 Н/мм ² , σ _в = 550 Н/мм ² | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1495–1505 | | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 0,8 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | K _{у.р} = 1,1 | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,27 | | Показатель трещиностойчивости | | K _{т.у} = 0,9 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | K _{у.п} = 1,0 | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. | | | | В закаленном и отпущенном состоянии при σ _в = 620 Н/мм ² K _в = 1,15 (твердый сплав), K _в = 1,0 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|------------------------|---|-------------|--------------------------------------|---|------|-----------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----|
| 45ФЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | N | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,42–0,50 | 0,20–0,52 | 0,40–0,90 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | — | — | — | 0,05–0,10 | — | 720–740 | 840 | 730 | 825 | 360 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 880–920 | Воздух | До 100 | 392 | 589 | 12 | 20 | 29 | — | ≥ 160 ¹ | | | |
| | Отпуск | 600–650 | С печью | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 880–920 | Вода | До 100 | 491 | 687 | 12 | 20 | 29 | — | — | | | |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | 880–920 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | — | | | |
| | Нормализация (3 ч) | 940 | Воздух | — | 580 | 710 | 18 | 26 | 36 | — | — | | | |
| ¹ Данные ЦНИИТМАШ. | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Корпусы редукторов угольных комбайнов, износостойкие детали для тракторов и металлургического оборудования, а также другие детали машиностроения. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1495 | Жидкотекучесть | | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | | | | | | |
| Линейная усадка, % | | 1,9 | Показатель трещиностойкости | | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | | | | | | |
| Объемная усадка, % | | 3,5 | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокочувствительность | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при ≥ 160 HB и σ _в = 600 Н/мм ² K _v = 0,82 (твердый сплав), K _v = 0,76 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------------------------------------|---|------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| 20ГЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88, ГОСТ 21357–87. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | Температура критических точек, °С [1] | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,15–0,25 | 0,20–0,40 | 1,20–1,60 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | — | — | — | 720 | 860 | — | — | 420 |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 21357–87 | | | | | | | | 1 Температура нагрева 900°С. | | | | |
| 0,17–0,25 | 0,30–0,50 | 1,10–1,40 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 880–900 | Воздух | До 100 | 275 | 540 | 18 | 25 | 49 | — | — | |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Закалка | 870–890 | Вода | До 100 | 334 | 530 | 14 | 25 | 38 | — | — | |
| | Отпуск | 620–650 | Воздух | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | КСV, Дж/см ² | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 21357–87 | Нормализация | 920–940 | Воздух | — | 20 | 300 | 500 | 20 | 35 | — | — | — |
| | | | | | –60 | — | — | — | — | 29 | 20 | — |
| | Закалка | 920–940 | Вода | — | 20 | 400 | 550 | 15 | 30 | — | — | — |
| | | | | | –60 | — | — | — | — | 29 | 20 | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [1] | Отжиг | 890–910 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | — | |
| | Закалка | 910–930 | Вода | До 100 | 441 | 637 | 10 | 20 | 49 | — | 197–277 | |
| | Отпуск | 480–640 | Воздух | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1490–1501 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 0,8 | Склонность к образованию усадочной раковины | | | K _{у.р} = 1,1 | | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,2 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной пористости | | | K _{у.п} = 1,0 | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 197–277 HB и σ _B = 637 Н/мм ² K _v = 1,15 (твердый сплав), K _v = 1,0 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|----------------------|------------------------|--|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------|---|------------------------|-----------------------------|
| 35ГЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | M _H ¹ |
| 0,30–0,40 | 0,20–0,40 | 1,20–1,60 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | — | — | 730 | 800 | — | — | 355 |
| ¹ Температура нагрева 900°С. | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 880–900 | Воздух | До 100 | 294 | 540 | 12 | 20 | 29 | — | — |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 850–860 | Вода | До 100 | 343 | 589 | 14 | 30 | 49 | — | — |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | 860–880 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | — |
| Назначение. Диски, звездочки, зубчатые венцы, барабаны, шкивы, крестовины, траверсы, ступицы, вилки. Ковши драглайнов, решетчатые стрелы и другие тяжело нагруженные детали экскаваторов, крышки подшипников, цапфы. Щеки дробилок, бандажи бегунов и другие детали дробильно-размольного оборудования. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 60 | | | |
| — | — | — | 80 | — | 71 | — | 41 | 16 | Нормализация 900°С. Отпуск 650°С | | |
| — | — | — | 52 | — | — | — | 29 | 29 | Отжиг 900°С, 3 ч. Нормализация 900°С, 2–3 ч. Отпуск 650°С, 2–3 ч, воздух. | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1497–1508 | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 0,9 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | K _{у.р} = 1,1 | |
| Линейная усадка, % | | 2,2–2,4 | Показатель трещиностойчивости | | K _{т.у} = 0,9 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | K _{у.п} = 1,0 | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | В отожженном состоянии при 202–207 HB K _v = 0,75 (твердый сплав), K _v = 0,55 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----|
| 45ГЛ | | Отливки — ГОСТ 977-88, ТУ 24-1-12-181-75. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,40–0,50 | 0,20–0,50 | 0,80–1,20 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | — | — | — | ГОСТ 977-88 | 724 | 775 | 675 | — | 320 |
| 0,40–0,50 | 0,20–0,45 | 0,90–1,20 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | ≤ 0,40 | ≤ 0,45 | ≤ 0,30 | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 977-88 | Нормализация | 870–890 | Воздух | До 100 | 334 | 579 | 14 | 25 | 29 | — | — | | |
| | Отпуск | 570–600 | Воздух | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 840–860 | Вода или масло | До 100 | 334 | 628 | 13 | 20 | 29 | — | — | | |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | | | |
| ТУ 24-1-12-181-75 | Отжиг | 850–870 | С печью | До 100 | 490 | 690 | 10 | 25 | 39 | — | — | Не определяются | |
| | Закалка | 860–880 | Вода | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 580–600 | Вода | | | | | | | | | | |
| | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и низкий отпуск | | Вода, водный раствор глицерина | — | Не определяются | | | | | Поверхности 40–55 | — | | |
| | Поверхностная закалка с нагревом газовым пламенем | | | — | | | | | | Поверхности ≤ 40 | | | |
| Назначение. Блоки, колеса, звездочки, кулачковые муфты, крупные зубчатые венцы и др. | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь имеет повышенную склонность к трещинам. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1490–1501 | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 0,8 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | K _{у.р} = 1,1 | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,2 | Показатель трещиностойчивости | | K _{т.у} = 0,9 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | K _{у.п} = 1,0 | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 241–278 НВ и σ _B = 850–980 Н/мм ² K _v = 0,65 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|--|-----------|-----------|---------|---------|--------|---|----|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 20ГСЛ | | Отливки — ГОСТ 977-88, ОСТ 108.961.02-79, ОСТ 108.961.03-79, ОСТ 108.961.04-80, ТУ 108-671-84, ТУ 108.817-79, ТУ 108-978-80, ТУ 108-06-104-83, ТУ 108.11.158-86, ТУ 108-1091-82, ТУ 108.1292-84, ТУ 26-06-166-82, ТУ 5.961-11151-80. | | | | | | | | | | | |
| | | Массовая доля элементов, % | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | |
| | | C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ |
| | | 0,16-0,22 | 0,60-0,80 | 1,00-1,30 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | — | — | — | ГОСТ 977-88 | 700 | 840 | 620 |
| 0,16-0,22 | 0,60-0,80 | 1,00-1,30 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ОСТ 108.961.02-79 ОСТ 108.961.03-79 ТУ 108.1292-84 ¹ | | | | | |
| 0,16-0,22 | 0,60-0,80 | 1,00-1,30 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ОСТ 108.961.04-80 ТУ 108-1091-82 ¹ | | | | | |

¹ В сталях, выплавляемых на чистой шихте, содержание примесей не должно быть более: S – 0,020%, P – 0,020%, Ni – 0,20%, Cu – 0,20%. Суммарное содержание S и P не должно быть более 0,050% при всех возможных случаях. При выплавке на чистой шихте наименование марки стали дополняется индексом АА.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB [1] |
|-------------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977-88 | Нормализация | 870-890 | Воздух | 100 | 294 | 540 | 18 | 30 | 29 | — | 124-151 |
| | Отпуск | 570-600 | Воздух | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.02-79 | Нормализация | 880-930 | Воздух | До 100 | 280 | 500 | 18 | 30 | 29 | — | — |
| | Отпуск | 630-660 | Воздух | | | | | | | | |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------|----------------------|-------|-------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.02-79 | ПС | | | 250 | 230 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 300 | 200 | — | — | — | — | — | |
| | | | | 350 | 180 | — | — | — | — | — | |
| | | | | 400 | 170 | — | — | — | — | — | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.03-79 | Нормализация | 880-930 | Воздух | До 100 | 280 | 500 | 18 | 30 | 29 | — | — |
| | Отпуск | 630-660 | Воздух | | | | | | | | |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------|----------------------|-------|-------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.03-79 | ПС | | | 250 | 230 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 300 | 200 | — | — | — | — | — | |
| | | | | 350 | 180 | — | — | — | — | — | |
| | | | | 400 | 170 | — | — | — | — | — | |

| 20ГСЛ | | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---------|-------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|---------|----------|
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ОСТ 108.961.04-80 | Нормализация | 890-930 | Воздух | До 100 | 275 | 490 | 18 | 30 | 39 | — | 124-151 | |
| | Отпуск | 630-660 | Воздух | | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | |
| 1. Приемно-сдаточными показателями являются: предел текучести ($\sigma_{0,2}$), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (КCU). | | | | | | | | | | | | |
| 2. Временное сопротивление (σ_B), относительное сужение (ψ) и твердость (HB) не являются приемно-сдаточными показателями, но определяются и заносятся в документ о качестве. | | | | | | | | | | | | |
| 3. По требованию согласованного чертежа для отливок деталей ГТУ производится определение механических свойств при рабочих повышенных и пониженных температурах. Данные показатели не являются приемно-сдаточными, но заносятся в документ о качестве. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ОСТ 108.961.04-80 | Нормализация | 890-930 | Воздух | 20 | 275 | — | — | — | — | — | — | |
| | Отпуск | 630-660 | Воздух | 250 | 220 | — | — | — | — | — | — | |
| | | | | 300 | 196 | — | — | — | — | — | — | |
| | | | | 350 | 177 | — | — | — | — | — | — | |
| | | | | 400 | 168 | — | — | — | — | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ТУ 108-06-104-83 | Нормализация | 880-930 | Воздух | — | 275 | 490 | 18 | 30 | 29 | — | — | |
| | Отпуск | 630-660 | Воздух | | | | | | | | | |
| ТУ 108.817-79 | ПС | | | Более 100 | 215 | 450 | 15 | 27 | 29 | — | — | |
| ТУ 108-1091-82 | ПС | | | Более 100, но не более 800 | 275 | 470 | 16 | 30 | 39 | — | — | |
| ТУ 108.1292-84 | Нормализация | 880-930 | Воздух | — | 275 | 490 | 18 | 30 | 29 | — | — | |
| | Отпуск | 630-660 | Воздух | | | | | | | | | |
| [1] | Отжиг | 890-910 | С печью | — | 294 | 490 | 25 | 40 | 59 | — | ≤ 143 | |
| [34] | | | | Отливки | | | | | | | | |
| | Нормализация | 870-890 | Воздух | — | 300 | 500 | 18 | 30 | 30 | — | — | |
| | | | | | | | | | | | | Отпуск |
| | Термически обработанное состояние | | | — | Арматура и трубопроводы | | | | | | | |
| | | | | — | 300 | 550 | 18 | 30 | 30 | — | — | |
| Термически обработанное состояние | | | — | Лопасты гидротурбин | | | | | | | | |
| | | | — | 300 | 520 | 14 | 30 | 30 | — | ≥ 156 | | |

| 20ГСЛ | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|---|---|----------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------|-------------------------|----|
| Назначение. Фасонные отливки арматуры и трубопроводов ТЭС и АЭС, отливки для деталей гидротурбин и др. | | | | | | | | | | | |
| Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°C (ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1, 4] | | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | | Термообработка | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | | |
| 162 | — | 10 ⁷ | Образец без надреза; $\sigma_b = 540$ Н/мм ² | 22 | — | 8 | 8 | 6 | 5,5 | Без термообработки | |
| 118 | — | 10 ⁷ | Образец с надрезом; $\sigma_b = 540$ Н/мм ² | 96 | 73 | 59 | 55 | 46 | 39 | Отжиг при 890°C | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [6] | Нормализация | 850-900 | С печью | Образцы | 20 | 240 | 450 | 22 | 45 | 65 | — |
| | | | | | 540 | 210 | 340 | 25 | 69 | 60 | — |
| | Отпуск | 650, 4 ч | Воздух | от толстых | | | | | | | |
| | | | | | и тонких | | | | | | |
| | Состав стали: 0,15-0,18% С; 0,45% Cr; 0,5% Mo | | | стенки | 20 | 370 | 550 | 6 | 15 | 10 | — |
| | Литое состояние (без обработки) | | | | | | | | | | |
| | Отжиг | 880-900 | С печью | отливок | 400 | 370 | 470 | 17 | 41 | 75 | — |
| | | | | | 450 | 310 | 440 | 20 | 55 | 65 | — |
| | | | | | 500 | 300 | 400 | 14 | 64 | 50 | — |
| | | | | | 550 | 250 | 340 | 20 | 64 | 40 | — |
| | | | | | 600 | 250 | 310 | 24 | 73 | 55 | — |
| | | | | | 650 | 200 | 235 | 28 | 75 | 50 | — |
| | Нормализация | 850-900 | С печью | | 20 | 310 | 480 | 12 | 27 | 70 | — |
| | | | | | 400 | 350 | 440 | 17 | 59 | 80 | — |
| 450 | | | | | 320 | 420 | 22 | 62 | 95 | — | |
| 500 | | | | | 300 | 380 | 22 | 69 | 75 | — | |
| 550 | | | | | 260 | 340 | 24 | 77 | 70 | — | |
| 600 | | | | | 200 | 290 | 27 | 81 | 65 | — | |
| Отпуск | 650, 4 ч | Воздух | | 650 | 200 | 240 | 30 | 86 | 70 | — | |
| | | | | Состав стали: 0,19% С; 0,70% Cr; 0,47% Mo | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °C | 1482 – 1493 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 0,9$ | Склонность к образованию усадочной раковины | | | | $K_{у.р} = 1,2$ | | | |
| Линейная усадка, % | 2,2 – 2,8 | Показатель трещиностойчивости | $K_{т.у} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной пористости | | | | $K_{у.п} = 1,0$ | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 156 НВ и $\sigma_b = 540$ Н/мм ² $K_v = 1,0$ (твердый сплав), $K_v = 0,85$ (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | Не склонна | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
| 25ГСЛ | | Отливки — ТУ 24-1-12-181-75. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 24-1-12-181-75 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,22–0,28 | 0,60–0,81 | 1,00–1,30 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | 700–750 | 840–870 | 730 | 820 |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 24-1-12-181-75 | Нормализация | 900–920 | Воздух | До 100 | 245 | 470 | 18 | 30 | 29 | — | 123–149 |
| | Отпуск | 580–600 | Воздух | | | | | | | | |
| | Нормализация | 900–920 | Воздух | 20 | 350 | 540 | 19 | 32 | 65 | — | 170 |
| | Закалка | 920 | Вода | 20 | 560 | 710 | 19 | 43 | 86 | — | 207 |
| Отпуск | 650 | Воздух | | | | | | | | | |

Назначение. Лопасти гидротурбин с облицовкой, зубчатые венцы и колеса, втулки, секторы, колонны, детали сварно-литых конструкций с большим объемом сварки.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Состояние стали | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|---|---|---|------|------|------|------|--|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | |
| 162 | — | Образцы без надреза, σ _в = 540 Н/мм ² | 65 | — | 31 | 19 | 12 | — | Сечение 20 мм. Нормализация 900–920°С |
| 118 | — | Образцы с надрезом, σ _в = 540 Н/мм ² | 86 | — | 76 | 43 | 30 | — | Сечение 20 мм. Закалка 920°С; отпуск 650°С |

Технологические характеристики [1]

| | | | | | |
|--|-----------|-----------------------------|------------------------|---|------------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1482–1493 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,2 |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойкости | K _{т.у} = 1,0 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 1,0 |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | В нормализованном состоянии при 156 HB и σ _в = 510 Н/мм ² K _v = 1,0 (твердый сплав), K _v = 0,9 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------------------|---------|---------|----|----|----|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
| 30ГСЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,25–0,35 | 0,60–0,80 | 1,10–1,40 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | — | — | — | 750 | 870 | — | — | 355 |
| ¹ Температура нагрева 925°С. | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | |
|-------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|--------------------|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 870–890 | Воздух | До 100 | 343 | 589 | 14 | 25 | 29 | — | ≥ 156 ² | | | | | |
| | Отпуск | 570–600 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 920–950 | Вода | До 100 | 392 | 638 | 14 | 30 | 49 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 570–650 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | 880–920 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | — | | | | | |

² Данные ЦНИИТМАШ.

Назначение. Лопасты гидротурбин, зубчатые венцы и колеса, втулки, ролики, обоймы, рычаги, фланцы, шкивы, секторы, колонны, детали сварно-литых конструкций с большим объемом сварки и др.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-----------|-----------------------------|------------------------|---|------------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1482–1493 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,2 |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойкости | K _{т.у} = 1,0 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 1,0 |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. | В нормализованном и отпущенном состоянии при ≥ 156 НВ и σ _в = 520 Н/мм ² K _у = 1,0 (твердый сплав), K _у = 0,9 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|------------------------------|--|------------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 80ГСЛ | | Отливки — ТУ 24-1-12-182-75. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 24-1-12-182-75 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,80–1,10 | 0,80–1,20 | 1,00–1,50 | ≤ 0,050 | ≤ 0,050 | ≤ 0,50 | ≤ 0,50 | — | — | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 24-1-12-182-75 | Отпуск (перед отрезкой прибыли) | 650–670 | С печью, затем на воздухе | До 100 | Не определяются | | | | | — | 217–302 | |
| Назначение. Футеровка шаровых мельниц. | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | +20 | 0 | -20 | -30 | -40 | -50 | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1436–1466 | Жидкотекучесть | К _{ж.т} = 1,1 | Склонность к образованию усадочной раковины | | | К _{у.р} = 1,3 | | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,1–2,2 | Показатель трещиностойчивости | К _{т.у} = 1,1 | Склонность к образованию усадочной пористости | | | К _{у.п} = 1,5 | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | В отпущенном состоянии при 241–255 НВ и σ _b = 1040 Н/мм ² K _v = 0,55 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--------------------------|---------|---------|--------|--------|--------|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 20ГСФЛ | | Отливки — ТУ 108-978-80. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов¹, %, по ТУ 108-978-80 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,18–0,22 | 0,60–0,83 | 1,00–1,40 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | ≤ 0,30 | ≤ 0,40 | ≤ 0,30 | 0,10–0,20 | 720 | 840 | 605 | 740 | |
| ¹ Допускаются отклонения по C $\begin{matrix} +0,02\% \\ -0,10\% \end{matrix}$; по Mn, Si, Cu $\pm 0,1\%$ и по Cr + 0,20%. | | | | | | | | | | | | | |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|----------------|----------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|---------------------------------------|-----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV ₂ , Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108-978-80 | ПС | | | — | 320 | 500 | 14 | 30 | 40 | — | 124–163 |
| [1] | Отжиг | 1000 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | — |
| | Нормализация и/или Нормализация | 970 810 | Воздух Воздух | До 100 | 376 | 575 | 27 | 62,5 | — | — | — |
| | Отпуск | 620 | | | | | | | | | |

Назначение. Корпусные детали гидротурбин, лопасти гидротурбин с облицовкой. Детали повышенной прочности и детали, работающие при температуре 450°С.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Среда | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | Термообработка | |
|--|-------------|-----------------|--------|---|---|------|-------|------|----------------|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | | - 80 |
| 200 | — | 10 ⁷ | Воздух | 60–70 | — | — | 23–40 | — | — | Отжиг 1000°С, 10 ч + нормализация 970°С, 9 ч + отпуск 620°С, 24 ч |
| | | | | 108–129 | — | — | 29–39 | — | — | Отжиг 1000°С, 10 ч + нормализация 970°С, 9 ч + нормализация 810°С, 12 ч + отпуск 620°С, 24 ч |

Технологические характеристики [1, 70]

| | | | | | |
|--|-----------|-----------------------------|------------------|---|------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1485–1498 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 0,89$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{у.р} = 1,19$ |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,7 | Показатель трещиностойкости | $K_{т.у} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной пористости | $K_{у.п} = 0,99$ |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | В нормализованном и отпущенном состоянии при 156 HB и $\sigma_b = 520$ Н/мм ² $K_v = 1,0$ (твердый сплав), $K_v = 0,9$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | | |
|----------------------------|-----------|--|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-------------|--------|--------|-----------------------------------|-----|-----|---|---|
| 20ГМЛ | | Отливки — СТ ЦКБА 014–2004, ТУ 0870–001–05785572–2007. | | | | | | | | | СТ ЦКБА 014–2004 | 730 | 845 | — | — |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Al | Cu | | | | | | |
| 0,12–0,20 | 0,20–0,40 | 0,80–1,20 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | ≤ 0,50 | ≤ 0,50 | 0,25–0,35 | ≤ 0,08 | — | | | | | | |
| 0,15–0,22 | 0,20–0,45 | 0,50–0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,50–0,80 | ≤ 0,30 | 0,40–0,60 | ≤ 0,08 | ≤ 0,30 | | | | | | |
| ≤ 0,18 | 0,20–0,40 | 0,80–1,60 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,50 | 0,30–0,50 | ≤ 0,50 | ≤ 0,08 | ≤ 0,30 | | | | | | |
| 0,09–0,12 | 0,40–0,60 | 0,90–1,10 | ≤ 0,015 | ≤ 0,018 | ≤ 0,20 | 0,30–0,50 | 0,15–0,25 | 0,015–0,050 | ≤ 0,30 | [377]* | 1 Температура нагрева 920°С. | | | | |

*Содержание N не более 0,010%, As не более 0,010%, Sn не более 0,005%, Sb не более 0,005%.

Ca 0,005–0,015%, Ce 0,05–0,10%, Al ≤ 0,08 по расчету.

Для отливок из стали, предназначенных для деталей арматуры, эксплуатируемой в районах с холодным климатом (до минус 60°С) должно быть обеспечено содержание элементов в пределах C ≥ 0,18%, Mn 0,8–1,6%, Ni 0,3–0,5%, S ≤ 0,02%, P ≤ 0,02%.

При выплавке стали в электропечах с кислой футеровкой массовая доля серы и фосфора допускается до 0,04% при условии обеспечения требуемых механических свойств.

Предельные отклонения от норм химического состава в %: C^{+0,05}_{-0,02}, Si ±0,15, Mn ±0,10, Cr^{+0,10}, Ni ±0,10, Mo^{+0,10}. Отклонения со знаком минус для нижнего предела содержания элементов, отклонения со знаком плюс для верхнего предела содержания элементов.

Наличие элементов, не являющихся легирующими, их допустимое содержание и необходимость контроля определяется КД или НД.

Допускаются отклонения по массовой доле кремния, т.к. он не является легирующим элементом для стали со специальными требованиями по ТУ 0870–001–05785572–2007 до 0,8% при условии обеспечения заданных механических свойств.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV _{60°} , Дж/см ² | НВ [377] |
|--|----------------------|------------------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------|-----------|---|----------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| СТ ЦКБА 014–2004 (Обычное исполнение) | Закалка | 900–920 | Вода | До 100 | 240 | 420 | 22 | — | 20,0 | — |
| | Отпуск | 600–620 | Воздух | | | | | | | |
| ТУ 0870–001–05785572–2007 (Северное исполнение) | Закалка | 900–920 | Вода | До 100 | 240 | 420 | 18 | 30 | 254,5 | 245 |
| | Отпуск | 600–620 | Воздух | | | | | | | |
| ДЦ | Нормализация | 1030–1050, 3,5 ч | Воздух | До 100 | 355–372,8 | 477–522 | 31–33 | 65,2–66,4 | 39,8–108 | 146–159 |
| | Закалка | 920–940, 3,5 ч | Вода | | | | | | | |
| | Закалка | 800–820, 3,5 ч | Вода | | | | | | | |
| | Отпуск | 600–620, 5,5 ч | Воздух | | | | | | | |
| | Нормализация | 1030–1050, 3,5 ч | Воздух | | | | | | | |
| | Закалка | 800–820, 3,5 ч | Вода | | | | | | | |
| Отпуск | 600–620, 5,5 ч | Воздух | | | | | | | | |
| [377] | Закалка | 920–940, 3,5 ч | Вода | До 100 | 366–398 | 511–543 | 29–30 | 30–70 | 42,8–135 | 147–157 |
| | Закалка | 800–820, 3,5 ч | Вода | | | | | | | |
| | Отпуск | 600–620, 5,5 ч | Воздух | | | | | | | |
| [377] | Нормализация | 910–930 | Вода | До 100 | 300 | 480 | 22 | 30 | 24,5 | — |
| | Отпуск | 600–650 | Вода | | | | | | | |

Назначение. Детали паровых и газовых турбин, арматура и детали трубопроводов, фланцы, шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса, цилиндры и другие детали, работающие при температуре от минус 60 до плюс 540°С. Для деталей арматуры, работающей в среде сероводорода от минус 40 до плюс 80°С.

Сталь хладостойкая перлитного класса.

Технологические характеристики [377]

| | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------|------------------------|---|------------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1494–1506 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 1,1 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,1 |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 0,8 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 1,0 |

Свариваемость

Ограниченно свариваемая.
Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ.
Рекомендуются подогрев и последующая термообработка

Обрабатываемость резанием

В нормализованном и отпущенном состоянии при 149–229 НВ и σ_в = 440 Н/мм²
K_в = 1,1 (твердый сплав),
K_в = 0,8 (быстрорежущая сталь)

Флокеночувствительность

Не чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости
Не склонна

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------------|-------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|---|-------------------------|--|-----------------|------------------------|-----------------|---------|---------|
| 05Г4ДФЛ | | Отливки — ТУ 108.11.817–85. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов ¹ , %, по ТУ 108.11.817–85 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Ti | Ni | Mo | Cu | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| ≤ 0,05 | 0,30–0,60 | 3,20–3,70 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,30 | 0,20–0,40 | 0,15–0,40 | 0,08–0,15 | 710–730 | 830–870 | — | — | 460–490 | 370–390 |
| ¹ Допускаются отклонения по Si, Mo ± 0,05%; по Mn, Ni, Cu ± 0,15%. | | | | | | | | | | В сталь должно вводиться на 1 т жидкого металла 0,8–1,0 кг Al. | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.817–85 | Аустенитизация | 940–960 | Воздух | До 500 | не менее | | | | | — | — | | | | |
| | Нормализация | 920–950 | Вода | | Не определяются | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 630–650 | Воздух | | 500 | 650 | 12 | 30 | 30 | | | — | — | | |
| * | Состояние поставки | | | 300 | Продольные образцы | | | | | | | | | | |
| | | | | | 530 | 702 | 22,4 | 67,8 | 69 | — | — | | | | |
| | | | | | 574 | 686 | 21,6 | 63,8 | 79 | — | — | | | | |
| | | | | | Поперечные образцы | | | | | | | | | | |
| | | | | | 574 | 682 | 18 | 65,5 | 51 | — | — | | | | |
| | | | | | 580 | 704 | 20 | 59,5 | 41 | — | — | | | | |
| * Приведены результаты исследований ступенчатой отливки на промышленном металле. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Отливки деталей гидротурбин, в том числе для рабочих колес (с облицовкой коррозионно-стойкой сталью), лопаток направляющего аппарата и др. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Среда | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | | | | | | |
| 376 ² | — | 10 ⁷ | Воздух | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| 180 ³ | — | 10 ⁷ | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| 156 ³ | — | 10 ⁷ | Вода пресная | | | | | | | | | | | | |
| ² Гладкие образцы. | | | | | | | | | | | | | | | |
| ³ Надрезанные образцы. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 75] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1515–1530 | | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 1,8 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | | K _{у.р} = 1,0 | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,1–2,3 | | Показатель трещиностойчивости | | K _{т.у} = 0,8 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | | K _{у.п} = 1,0 | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ | | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при σ _n = 650 Н/мм ² K _v = 0,65 (твердый сплав), K _v = 0,27 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | | | Мало склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|--|---|---|------------------------------------|---------|---|---|---|-----------------|-----------------|
| 110Г13Л | | Отливки — ГОСТ 977–88, ГОСТ 21357–87, ТУ 108.11.549–87, ТУ 14–1–563–73, ТУ 14–1–868–74, ТУ 14–1–1818–76. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,90–1,50 | 0,30–1,00 | 11,5–15,0 | ≤ 0,050 | ≤ 0,120 | ≤ 1,00 | ≤ 1,00 | — | ГОСТ 977–88 | — | — | — | — |
| 0,90–1,20 | 0,40–0,90 | 11,5–14,5 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | | | | | |
| ¹ Для повышения износостойкости отливок допускается микролегирование стали Ti – 0,05%, V – 0,30%, Mo – 0,20%. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV ₋₆₀ , Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Закалка | 1050–1100 | Вода | До 100 | По согласованию изготовителя с потребителем | | | | | — | ≤ 217 | |
| ГОСТ 21357–87 | Закалка | 1050–1100 | Вода | До 100 | 400 | 800 | 25 | 35 | 70 | — | ≤ 190 | |
| Назначение. Детали, работающие на износ в условиях ударных нагрузок и высоких давлений: корпуса и бронифутерованные плиты дробилок и шаровых мельниц, зубья и передние стенки ковшей экскаваторов, черпаки и козырьки драг, звенья гусениц тракторов и экскаваторов, малые конусы загрузочных устройств доменных печей, трамвайные и железнодорожные стрелки и крестовины, корпуса вихревых мельниц. | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Состояние стали | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | |
| 176–196 | — | 10 ⁶ | σ _в = 640–710 Н/мм ² | 280–350 | — | 240–320 | 220–300 | 190–300 | 90–120 | Закалка 1080–1100°С, в воду (отливки сечением 30 мм). | | |
| 333 | — | 10 ⁶ | 192 HB | | | | | | | | | |
| 804 | — | 10 ⁶ | 616 HB | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1350–1370 | | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 0,8 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | K _{у.р} = 1,7 | | |
| Линейная усадка, % | | 2,6–2,7 | | Показатель трещиностойкости | | K _{т.у} = 0,4 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | K _{у.п} = 2,5 | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В закаленном состоянии при ≤ 220 HB K _v = 0,25 (твердый сплав) | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|-----------|---|---------|---------|-----------|-----------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 08ГДНФЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88, ТУ 108.11.589–87, ТУ 108.11.882–86, ТУ 108–989–80. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Ni | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,10 | 0,15–0,40 | 0,60–1,00 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 1,15–1,55 | 0,10 по расчету | 0,80–1,20 | 680–700 | 860–885 | 550–620 | 710–750 |

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 920–950 | Воздух | До 100 | 343 | 441 | 18 | 30 | 49 | — | — |
| | или Нормализация | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 590–650 | Воздух | | | | | | | | |

В зависимости от назначения и требований, предъявляемых к деталям, отливки разделяются на три группы в соответствии с таблицей.

| Группа отливок | Назначение | Характеристика отливок | Перечень контролируемых показателей качества |
|----------------|---|--|--|
| 1 | Отливки общего назначения | Отливки для деталей, конфигурация и размеры которых определяются только конструктивными и технологическими соображениями | Внешний вид, размеры, химический состав |
| 2 | Отливки ответственного назначения | Отливки для деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при статических нагрузках | Внешний вид, размеры, химический состав, механические свойства: предел текучести или временное сопротивление и относительное удлинение |
| 3 | Отливки особо ответственного назначения | Отливки для деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при циклических и динамических нагрузках | Внешний вид, размеры, химический состав, механические свойства: предел текучести или временное сопротивление, относительное удлинение и ударная вязкость |

Примечания.

1. При необходимости введения дополнительных показателей, не предусмотренных таблицей для данной группы отливок, их наличие и соответствующие нормы должны быть указаны в КД и (или) НТД.

По требованию потребителя в число дополнительных контролируемых показателей могут быть включены: твердость, излом металла, механические свойства для отливок со стенкой толщиной свыше 100 мм, механические свойства при пониженных и повышенных температурах, герметичность, микроструктура, плотность, коррозионная стойкость, жаростойкость, стойкость против межкристаллитной коррозии и другие.

Для отливок 3-й группы, предназначенных для изделий, подлежащих приемке представителем заказчика, работающих при пониженных температурах и подвергающихся динамическим нагрузкам, при наличии указания в КД и (или) НТД ударная вязкость стали определяется при температуре минус 50°С. Нормы ударной вязкости при этом указывают в КД и (или) НТД на конкретную продукцию.

2. Возможность установления в качестве нормируемого показателя относительного сужения вместо относительного удлинения указывается в КД и (или) НТД.

3. Возможность увеличения норм прочности при соответствующем снижении норм пластичности и вязкости указывают в КД и (или) НТД.

4. Нормы, возможность снижения уровня механических свойств на образцах, вырезанных из отливок, указывают в КД.

5. Для отливок 2-й и 3-й группы, предназначенных для изделий, подлежащих приемке представителем заказчика, заменять контролируемый показатель «Предел текучести» показателем «Временное сопротивление» допускается только по требованию представителя заказчика.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------------------|-------------------------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.589–87 | В термически обработанном состоянии | | | По чертежу | 20 | 343 | 441 | 18 | 30 | 49 | — | — |
| | | | | | 350 | 245 | 392 | — | — | — | — | — |

Примечания.

1. Режим термической обработки устанавливается изготовителем.

2. Отливки поставляются с контролем механических свойств для III группы ГОСТ 977–88.

3. Механические свойства отливки при температуре испытания 350°С (если об этом есть указание в чертеже) должны соответствовать требованиям, указанным в таблице выше.

4. По требованию чертежа отливки производится определение относительного удлинения (δ) и относительного сужения (ψ) при температуре 350°С. Результаты испытаний не являются сдаточными, но заносятся в сертификат (паспорт).

| 08ГДНФЛ | | Механические свойства | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.882–86 | В термически обработанном состоянии | | | По чертежу | 20 | 314 | 412 | 18 | 30 | 49 | — | — |

Примечания.

1. Режим термической обработки устанавливается изготовителем.
2. Допускается на отдельных образцах выпадение параметров по относительному удлинению (δ) не более 10% по согласованию изготовителя, проектанта и головной материаловедческой организации.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108–989–80 | Мартеновская сталь | | | Толщина стенки ≥ 100 | 20 | 340 | 440 | 20 | 45 | — | — | — |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 34 | — | — |
| | | | | Электросталь | ϕ более 1200 | –40 | — | — | — | — | 49 | — |

Примечания.

1. Режим термической обработки устанавливается изготовителем.
2. Допускается отклонение механических свойств от требований таблицы по согласованию с головной материаловедческой организацией и потребителем.

Назначение. Литые детали, работающие при температуре до минус 60°C. Отливки деталей корпуса реактора и деталей насосов и гидротурбин. Детали судостроения с толщиной стенки до 800 мм и черновой массой до 90 т, а также отливки опорного кольца корпуса реактора и сварные конструкции, ответственные детали со стенкой до 700 мм, к которым предъявляются требования высокой вязкости и достаточной прочности.

Сварные валы, рычаги, серьги рабочих колес поворотно-лопастных турбин, обода и ступицы рабочих колес радиально-осевых турбин, сектора и колонны статоров, лопатки направляющего аппарата, фланцы валов, фасонные отливки.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C [I] | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|----------------|---|---|--------|--------|-------|------|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| — | — | — | 186–220 | — | 71–176 | 68–169 | 43–51 | 6–18 | Нормализация 920–930°C. Отпуск 580–600°C |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
|-----|----------------------|---------|----------------------------|-------------|---------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Нормализация | 920–930 | Воздух | Отливки | 100 | 355–450 | 450–560 | 21–28 | 60–72 | — | — |
| | | | | | 30 | 200 | 345–410 | 460–540 | 18–22 | 54–68 | — |
| | Отпуск | 580–600 | С печью, 1 ч, далее воздух | 300 | 310–420 | 460–540 | 15–20 | 43–58 | — | — | |
| | | | | 400 | 310–370 | 440–500 | 18–22 | 43–58 | — | — | |
| | | | | 500 | 245–325 | 295–390 | 12–31 | 39–66 | — | — | |

| 08ГДНФЛ | | Механические свойства в зависимости от сечения литой заготовки | | | | | | | | | |
|---------|----------------------|--|----------------------------|-------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Место вырезки образца | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Нормализация | 920–930 | Воздух | 10 | Ц | 410–460 | 540–620 | 22–31 | 57–74 | 174–206 | 170–178 |
| | Отпуск | 580–600 | С печью, 1 ч, далее воздух | 30 | Ц | 400–455 | 510–560 | 25–31 | 47–69 | 186–220 | 162–178 |
| | | | | 50 | Ц | 395–400 | 495–520 | 28–33 | 71–74 | 186–236 | 156–162 |
| | | | | 200 | Ц | 380–390 | 420–510 | 11–31 | 28–61 | 239–245 | 156 |
| | | | | | К | 395–400 | 500–510 | 28–36 | 58–72 | 191–251 | 156–170 |
| | Нормализация | 900–920 | Воздух | 20 | Ц | 400–445 | 510–540 | 14–29 | 42–63 | 74–117 | — |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | 40 | Ц | 395–465 | 475–570 | 13–29 | 39–71 | 82–166 | — |
| | Нормализация | 930–970 | Воздух | 100 | Ц | 385–425 | 500–550 | 12–22 | 25–39 | 81–115 | — |
| | Нормализация | 900–920 | Воздух | | К | 390–425 | 510–540 | 21–29 | 35–36 | 90–169 | — |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | 175 | Ц | 380 | 480 | 20 | 37 | 159 | — |
| | | | | | К | 380–390 | 480–490 | 30 | 52–57 | 175–190 | — |
| | | | | 250 | Ц | 380–390 | 495 | 17–18 | 23–30 | 35–48 | — |
| | | | | | К | 395–400 | 510 | 25–27 | 48–51 | 107–112 | — |

К — образцы вырезаны из приповерхностной зоны.
Ц — образцы вырезаны из центральной зоны.

| Технологические характеристики [1] | | | | | |
|--|------|-------------------------------|-----------------|---|-----------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1515 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 1,8$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{у.р} = 1,0$ |
| Линейная усадка, % | 2,1 | Показатель трещиностойчивости | $K_{т.у} = 0,8$ | Склонность к образованию усадочной пористости | — |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокочувствительность |
|--|--|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. При значительном объеме сварки рекомендуется последующий отпуск | В нормализованном и отпущенном состоянии при ≥ 130 НВ и $\sigma_b = 440$ Н/мм ² $K_v = 1,6$ (твердый сплав), $K_v = 1,3$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------------------------------|---|-------------|--------------------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| 15ГНЛ | | Отливки — ТУ 24.11.01.092–84. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 24.11.01.092–84 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,12–0,20 | 0,20–0,40 | 0,80–1,40 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | ≤ 0,30 | 0,80–1,20 | — | 720 | 800 | — | — | 350 |
| ¹ Температура нагрева 840°С. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 24.11.01.092–84 | Нормализация | 900–920 | Воздух | Образцы | 350 | 450 | 18 | 35 | 60 | — | ≤ 140 | |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Закалка | 900–920 | | Образцы | 400 | 500 | 14 | 45 | 60 | — | ≤ 150 | |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | | |
| Назначение. Отливки деталей тяжелого и транспортного машиностроения для эксплуатации в условиях низких температур и высоких скоростей нагружения. | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | +20 | 0 | –20 | –40 | –60 | | –80 | | | |
| — | — | — | 60 | — | — | 45 | 40 | — | Нормализация 900–920°С; отпуск 600–650°С | | | |
| | | | 60 | — | — | 50 | 40 | — | Закалка 900–920°С; отпуск 600–650°С | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | — | Жидкотекучесть | | — | Склонность к образованию усадочной раковины | | | — | | | |
| Линейная усадка, % | | — | Показатель трещиностойчивости | | — | Склонность к образованию усадочной пористости | | | — | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 150 HB и σ _в = 500 Н/мм ² K _v = 1,2 (твердый сплав), K _v = 0,85 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | Мало склонна | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|---|---------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 08Г2ДНФЛ | | Отливки — ГОСТ 21357–87, ТУ 108.11.973–88. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 21357–87 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,05–0,10 | 0,15–0,40 | 1,30–1,70 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,30 | 1,15–1,55 | 0,02–0,08 | 0,80–1,10 | 750 | 830 | 640 | 725 | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.11.973–88 | | | | | | | | | | | | | |
| 0,05–0,10 | 0,15–0,40 | 1,30–1,70 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | ≤ 0,30 | 1,15–1,55 | 0,02–0,08 | 0,80–1,10 | | | | | |
| В стали массовая доля РЗМ (иттрий, церий и др.) должна быть в пределах 0,02–0,05%. | | | | | | | | | | | | | |

| Механические свойства при температуре | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 21357–87 | Нормализация | 930–970 | Воздух | До 800 | 20 | 400 | 500 | 20 | 45 | — | — | — |
| | Нормализация | 920–950 | Воздух | | – 60 | — | — | — | — | 40 | 25 | — |
| | Отпуск | 590–630 | Воздух | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.973–88 | Нормализация | 930–970 | Воздух | До 800 | 20 | 350 | 450 | 20 | 45 | — | — | — |
| | Нормализация | 920–950 | Воздух | | – 40 | — | — | — | — | 50 | — | — |
| | Отпуск | 590–630 | Воздух | | | | | | | | | |

Назначение. Детали, работающие при температуре до минус 60°С. Детали судостроения с толщиной стенки до 800 мм и черновой массой до 90 т. Крупногабаритные корпусные отливки, верхние части рам картеров, постели подшипников, литые детали экскаваторов большой грузоподъемности и прочие сваривающиеся детали повышенной прочности. Отливки деталей гидротурбин.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка |
|--|---|----------------|---|-----------------|--------|--------|-------|------|---|
| | | | σ ₋₁ | τ ₋₁ | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | |
| — | — | — | 186–220 | — | 71–176 | 68–169 | 43–51 | 6–18 | Нормализация 920–930°С. Отпуск 580–600°С |

Технологические характеристики [1]

| | | | | | |
|--|------|-------------------------------|------------------------|---|------------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1515 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 1,8 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,0 |
| Линейная усадка, % | 2,1 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 0,8 | Склонность к образованию усадочной пористости | — |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|---|
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. При значительном объеме сварки рекомендуется последующий отпуск | В нормализованном и отпущенном состоянии при σ _в = 500 Н/мм ² K _в = 1,0 (твердый сплав), K _в = 0,85 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------------|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----|--|
| 05Г4МНФЛ | | Отливки — ТУ 108.11.817–85. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов ¹ , %, по ТУ 108.11.817–85 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Ti | Ni | Mo | Cu | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk | |
| ≤ 0,05 | 0,30–0,60 | 3,20–3,70 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,02 | 0,90–1,20 | 0,20–0,40 | ≤ 0,30 | 0,08–0,15 | 665 | 804 | — | — | 494 | 321 | |
| ¹ Допускаются отклонения по Si ± 0,05%, по Mn, Ni, Cu ± 0,15% и по Mo ± 0,05%. В сталь должно вводиться на 1 т жидкого металла 0,8–1,0 кг Al. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | НВ | не менее | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | Не определяются | | | | |
| ТУ 108.11.817–85 | Аустенитизация | | 940–960 | Воздух | Не более 500 | 500 | 650 | 12 | 30 | 30 | — | — | | | | |
| | Нормализация | | 920–950 | Вода | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | | 630–650 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| * | Состояние поставки | | | Поверхность 500 | Продольные образцы | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 634 | 788 | 22,8 | 74,5 | — | 118 | — | | | | | |
| | | | | | 635 | 790 | 23,0 | 75,0 | — | 111 | — | | | | | |
| | | | | | Поперечные образцы | | | | | | | | | | | |
| | 605 | 765 | 22,8 | 75,0 | — | 127 | — | | | | | | | | | |
| | 610 | 760 | 22,7 | 75,0 | — | 130 | — | | | | | | | | | |
| | Состояние поставки | | | Центр 300 | Продольные образцы | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 605 | 770 | 22,7 | 74,0 | — | 127 | — | | | | | |
| | | | | | 625 | 775 | 22,7 | 75,0 | — | 131 | — | | | | | |
| | | | | | Поперечные образцы | | | | | | | | | | | |
| | 604 | 770 | 23,0 | 75,0 | — | 144 | — | | | | | | | | | |
| | 634 | 780 | 23,5 | 75,0 | — | 144 | — | | | | | | | | | |
| | Состояние поставки | | | 150 | Продольные образцы | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 618 | 763 | 22,4 | 67,8 | 126 | 129 | — | | | | | |
| | 620 | 765 | 22,0 | 67,5 | 189 | 69 | — | | | | | | | | | |
| | Состояние поставки | | | 100 | Продольные образцы | | | | | | | | | | | |
| 582 | | | | | 738 | 22,4 | 69,2 | 151 | 56 | — | | | | | | |
| 585 | | | | | 740 | 22,5 | 69,5 | 159 | 88 | — | | | | | | |
| Поперечные образцы | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 580 | | | | | 730 | 20,6 | 69,2 | 146 | 88 | — | | | | | | |
| 585 | | | | | 732 | 22,0 | 69,5 | 140 | 69 | — | | | | | | |
| * Приведены результаты исследований ступенчатой отливки на промышленном металле. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Отливки деталей гидротурбин, в том числе для рабочих колес (с облицовкой коррозионно-стойкой сталью), лопаток направляющего аппарата и др. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Среда | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | Термообработка | | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | | - 80 | | | | | | |
| 400 | — | 10 ⁷ | Воздух | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1515–1530 | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 1,8 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | K _{у.р} = 1,0 | | | | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,1–2,3 | Показатель трещиностойчивости | | K _{т.у} = 0,8 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | K _{у.п} = 1,0 | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при σ _b = 650 Н/мм ² K _v = 0,65 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | | | | | Не чувствительна | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Мало склонна | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------------|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 05Г4ДНФЛ | | Отливки — ТУ 108.11.817–85. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов ¹ , %, по ТУ 108.11.817–85 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Ti | Ni | Cu | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| ≤ 0,05 | 0,30–0,60 | 3,20–3,70 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,20 | 0,90–1,20 | 0,50–0,80 | 0,08–0,15 | 650–675 | 800–810 | — | — | |
| ¹ Допускаются отклонения по Si ± 0,05%; по Mn, Ni, Cu ± 0,15%. | | | | | | | | | | | | | |
| В сталь должно вводиться на 1 т жидкого металла 0,8–1,0 кг Al. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.817–85 | Аустенитизация | 940–960 | Воздух | — | Не определяются | | | | | — | — | | |
| | Нормализация | 920–950 | Вода | — | 500 | 650 | 12 | 30 | 30 | — | — | | |
| | Отпуск | 630–650 | Воздух | — | 500 | 650 | 12 | 30 | 30 | — | — | | |
| Назначение. Отливки деталей гидротурбин, в том числе для рабочих колес (с облицовкой коррозионно-стойкой сталью), лопаток направляющего аппарата и др. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Среда | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | | | | |
| 275 | — | 10 ⁷ | Вода | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики [1, 75] | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1515–1530 | Жидкотекучесть | К _{ж.т} = 1,8 | Склонность к образованию усадочной раковины | | | | К _{у.р} = 1,0 | | | | | |
| Линейная усадка, % | 2,1–2,3 | Показатель трещиностойкости | К _{т.у} = 0,8 | Склонность к образованию усадочной пористости | | | | К _{у.п} = 1,0 | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Флокочувствительность | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при σ _в = 650 Н/мм ² К _v = 0,65 (твердый сплав), К _v = 0,32 (быстрорежущая сталь) | | | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | | Мало склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------------------------------|--------------------|-----------------------|----------|--------------------------------------|------------------------------------|---|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|
| 10ГН2МФАЛ | | Отливки — ТУ заводов. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ заводов | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,08–0,12 | 0,17–0,37 | 0,80–1,10 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | ≤ 0,30 | 2,10–2,70 | 0,50–0,70 | 0,05 по расчету | ≤ 0,30 | 680 | 800 | — | — | 350–400 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ТУ заводов | ПС | | | — | 20 | 345 | 540 | 16 | 55 | 80 | — | | | |
| | | | | | 350 | 295 | 490 | 14 | 50 | — | — | | | |
| [36] | Аустенитизация Подстуживание Отпуск | 900, 6 ч | Вода С печью | Патрубок ø 780 | 20 | 583 | 698 | 24 | 65 | 160 | — | | | |
| | | 750–800 | | | 350 | 495 | 602 | 18 | 50 | — | — | | | |
| | | 670, 20 ч | | | 20 | 604 | 686 | 23 | 60 | 193 | — | | | |
| | Дополнительный отпуск | 620, 25 ч 650, 20 ч | С печью С печью | | 350 | 510 | 619 | 17 | 50 | — | — | | | |
| | | | | | 20 | 508 | 669 | 11 | 30 | 187 | — | | | |
| | | | | | 350 | 425 | 571 | 19 | 57 | — | — | | | |
| 20 | 495 | 677 | 21 | 54 | 194 | — | | | | | | | | |
| 350 | 401 | 568 | 20 | 57 | — | — | | | | | | | | |
| НД | Ударная вязкость, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | | Термообработка | | | | | | |
| | KCU | | | KCV | | | | | | | | | | |
| [36] | + 20 | – 20 | + 40 | + 20 | 0 | – 12 | – 20 | – 40 | Патрубок диаметром 780 мм | | | | | |
| | 80 | 40 | — | 47 | — | — | 20 | — | ТО по ТУ заводов | | | | | |
| | 175 | 156 | 175 | 117 | 103 | 123 | 65 | 43 | Базовая ТО: Закалка 900°С, 6 ч., подстуживание до 750–800°С, вода. Отпуск 670°С, 23 ч, с печью до 300°С | | | | | |
| | 193 | 143 | 169 | 175 | 94 | 65 | 65 | 50 | | | | | | |
| | 160 | 127 | 169 | 136 | 74 | 65 | 65 | 35 | | | | | | |
| | 190 | 160 | 172 | 126 | 68 | 45 | 40 | 29 | | | | | | |
| 194 | 183 | 140 | 150 | 92 | 40 | 40 | 29 | Дополнительный отпуск: 620°С, 25 ч, 650°С, 20 ч | | | | | | |
| 187 | 160 | 133 | 111 | 45 | 40 | 38 | 29 | | | | | | | |
| Назначение. Литые патрубки парогенераторов ПГВ–1000, обечайки парогенератора ПГВ–1000 для АЭС. | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства плиты массой 12 т | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Место вырезки образца | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| [36] | Аустенитизация Подстуживание Отпуск | 900, 6 ч 750–800 670, 20 ч | Вода С печью | Норма по ТУ | 20 | 343 | 540 | 16 | 55 | 78 | — | | | |
| | | | | | 350 | 294 | 490 | 14 | 50 | — | — | | | |
| | | | | | Проба 5В | 20 | 472 | 696 | 22 | 54 | 182 | — | | |
| | | | | | | 350 | 451 | 575 | 17 | 56 | — | — | | |
| | | | | | | 20 | 475 | 691 | 20 | 53 | 179 | — | | |
| | | | | | | 350 | 461 | 595 | 23 | 56 | — | — | | |
| | | | | 20 | | 480 | 721 | 19 | 28 | 193 | — | | | |
| | | | | 350 | | 510 | 735 | 20 | 74 | — | — | | | |
| | | | | 20 | 491 | 740 | 17 | 53 | — | — | | | | |
| | | | | 350 | 702 | — | — | 57 | — | — | | | | |
| | | | | Проба 5Н | 20 | 557 | 698 | 20 | 68 | 136 | — | | | |
| | | | | | 350 | 562 | 603 | 19 | 57 | — | — | | | |
| | 20 | 546 | 684 | | 20 | 64 | 156 | — | | | | | | |
| | 350 | 543 | 595 | | — | — | — | — | | | | | | |
| | 20 | 522 | 735 | | 18 | 42 | 182 | — | | | | | | |
| | 350 | 447 | 617 | | 20 | 56 | — | — | | | | | | |
| | Дополнительный отпуск (45 ч) | 620, 25 ч 650, 20 ч | С печью С печью | Проба 5Н | 20 | 519 | 677 | 27 | 56 | 156 | — | | | |
| | | | | | 350 | 44,5 | 58,7 | 19 | 57 | — | — | | | |
| 20 | | | | | 554 | 693 | 19 | 53 | 175 | — | | | | |
| 350 | 44,7 | 58,0 | 17 | 55 | — | — | | | | | | | | |

| 10ГН2МФАЛ | | Механические свойства | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|---|---|-------------------------|-----|----------|--|
| НД | Ударная вязкость, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | | | Термообработка | | | | |
| | КCU | | | | KCV | | | | | | | | |
| [36] | +20 | -20 | +40 | +20 | 0 | -12 | -20 | -40 | Плита массой 12 т | | | | |
| | 78 | 39 | — | 47 | — | — | 20 | — | | | | | Норма по ТУ |
| | 182 | 140 | 104 | 170 | 94 | 117 | 58 | 88 | Проба 5В | | | | |
| | 179 | 133 | 189 | 156 | 94 | 66 | 66 | 66 | | | | | |
| | 193 | 72 | 193 | 142 | 111 | 79 | 79 | 53 | Проба 5Н | | | | |
| | 136 | 77 | 146 | 79 | 66 | 40 | 60 | 30 | | | | | |
| | 156 | 50 | 189 | 160 | 50 | 58 | 43 | 53 | | | | | |
| | 182 | 60 | 117 | 113 | 48 | 40 | 66 | 53 | | | | | |
| 156 | 136 | 173 | 175 | 58 | 88 | 38 | 30 | Дополнительный 45-часовой отпуск: 620°С, 25 ч, 650°С, 20 ч Проба 5Н | | | | | |
| 175 | 121 | 72 | 121 | 72 | 66 | 35 | 30 | | | | | | |
| Механические свойства литой обечайки | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Место вырезки образца | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| [36] | ТУ на кованный металл | | | | 20 | 340 | 540 | 16 | 55 | 78 | — | | |
| | | | | | | Из тела обечайки | 350 | 295 | 490 | 14 | 50 | — | — |
| | Закалка: Нагрев Подстуживание на воздухе Отпуск | 900, 9 ч до 820 | Вода | | 20 | | 554 | 688 | 20 | 56 | 179 | — | |
| | | | | | | 350 | 488 | 603 | 17 | 54 | — | — | |
| | | | | | | 20 | 554 | 642 | — | 60 | 79 | — | |
| | | | | | | 350 | — | 600 | 18 | 54 | — | — | |
| | | 670, 25 ч | Воздух | | 20 | 549 | 686 | 16 | — | 88 | — | | |
| | | | | | | 350 | 488 | 593 | 18 | 54 | — | — | |
| Из приливной пробы- свидетеля | | | | | | 20 | — | 696 | 20 | 55 | 142 | — | |
| | | | | | | 350 | 507 | 631 | 18 | 59 | — | — | |
| | | | | 20 | 571 | 693 | 22 | 60 | 193 | — | | | |
| | | | | 350 | 515 | 629 | 21 | 56 | — | — | | | |
| НД | Ударная вязкость литой обечайки, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | | | Термообработка | | | | |
| | КCU | | | | KCV | | | | | | | | |
| [36] | +20 | -20 | +40 | +20 | 0 | -12 | -20 | -40 | ТУ на кованный металл | | | | |
| | 78 | 39 | — | 47 | — | — | 20 | — | | | | | |
| | 179 | 69 | 140 | 58 | 48 | 35 | 29 | 38 | Нагрев 900°С, 9 ч; подстуживание на воздухе до 820°С, вода. Отпуск 670°С, 25 ч, воздух. Образцы из тела обечайки | | | | |
| | 79 | 107 | 86 | 64 | 75 | 24 | 23 | 24 | | | | | |
| | 88 | 45 | 162 | 72 | 83 | 26 | 23 | 24 | | | | | |
| | 142 | 107 | 79 | 75 | 71 | 40 | 24 | 24 | Нагрев 900°С, 9 ч; подстуживание на воздухе до 820°С, вода. Отпуск 670°С, 25 ч, воздух. Образцы из приливной пробы-свидетеля | | | | |
| | 193 | 79 | 92 | 75 | 66 | 50 | 53 | 25 | | | | | |
| 117 | 103 | 92 | 60 | 66 | 48 | 53 | 24 | | | | | | |
| Место вырезки образца | Ударная вязкость и вязкая составляющая в изломе образцов литой стали, при t, °С | | | | | | | | | | | | Термообработка |
| | [36] | | | | | | | | | | | | |
| | KCV, Дж/см ² | | | | | | В.С., % | | | | | | |
| | -40 | -20 | -12 | 0 | +20 | +40 | -40 | -20 | -12 | 0 | +20 | +40 | |
| Обечайка | 76 | 86 | 68 | 11 | 160 | 182 | 25 | 50 | 60 | 60 | 100 | 100 | Основная ТО: Нагрев 900°С, 9 ч., подстуживание на воздухе до 820°С, вода. Отпуск 670°С, 25 ч, воздух |
| | 101 | 66 | 83 | 10 | 103 | 162 | 30 | 25 | 65 | 60 | 90 | 85 | |
| | 40 | 130 | 59 | 18 | 143 | 179 | 13 | 60 | 45 | 80 | 95 | 100 | |
| | 24 | 58 | 59 | 8 | 160 | 177 | 10 | 25 | 35 | 30 | 100 | 100 | |
| | 37 | 78 | 116 | 7 | 131 | 209 | 10 | 36 | 40 | 35 | 70 | 100 | |
| 34 | 98 | 162 | 14 | 92 | 174 | 10 | 35 | 50 | 55 | 60 | 100 | | |
| Проба-свидетель | 126 | 163 | 169 | 13 | 192 | 224 | 35 | 80 | 55 | 65 | 90 | 100 | Основная ТО: Нагрев 900°С, 9 ч., подстуживание на воздухе до 820°С, вода. Отпуск 670°С, 25 ч, воздух |
| | 98 | 59 | 86 | 17 | 175 | 232 | 30 | 30 | 35 | 85 | 90 | 100 | |
| | 59 | 160 | 152 | 15 | 160 | 216 | 20 | 55 | 50 | 50 | 85 | 100 | |
| | 38 | 62 | 187 | 9 | 221 | 211 | 10 | 25 | 55 | 40 | 100 | 100 | |
| | 143 | 125 | 96 | 17 | 230 | 245 | 45 | 40 | 35 | 60 | 100 | 100 | |
| 48 | 109 | 160 | 9 | 206 | 283 | 10 | 35 | 50 | 45 | 70 | 100 | | |

| 10ГН2МФАЛ | | Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------------|-------------------------|-----|----------|----|----|---|---|
| Механические свойства сварного соединения литой стали | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Исследуемый материал | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| [36] | ПС | | | Основной материал | 20 | 518 | 677 | 19 | 53 | — | — | | | | | |
| | | | | | 350 | 436 | 568 | 17 | 55 | — | — | | | | | |
| | | | | | | | | 20 | 553 | 692 | 27 | 56 | — | — | | |
| | | | | | | | | 350 | 438 | 575 | 19 | 57 | — | — | | |
| | | | | | | | Отпуск | 620, 5 ч | Сварное соединение | 20 | 502 | 646 | 16 | 64 | — | — |
| | | | | | | | | | | 350 | 449 | 561 | 13 | 53 | — | — |
| | Отпуск | 650, 10 ч | 20 | | | | 510 | 658 | | 19 | 68 | — | — | | | |
| | | | 350 | | | | 470 | 589 | | 17 | 62 | — | — | | | |
| | Отпуск | 620, 25 ч | 20 | 517 | 645 | 17 | 62 | — | | — | | | | | | |
| | | | 350 | 440 | 563 | 14 | 53 | — | | — | | | | | | |
| | Отпуск | 650, 20 ч | 20 | 531 | 650 | 19 | 68 | — | — | | | | | | | |
| | | | 350 | 465 | 582 | 15 | 62 | — | — | | | | | | | |
| | Отпуск | 620, 5 ч | Металл шва | 20 | 545 | 632 | 23 | 59 | — | — | | | | | | |
| | | | | 350 | 506 | 621 | 17 | 58 | — | — | | | | | | |
| | Отпуск | 650, 10 ч | | 20 | 555 | 647 | 25 | 67 | — | — | | | | | | |
| | | | | 350 | 525 | 627 | 20 | 59 | — | — | | | | | | |
| | Отпуск | 620, 25 ч | | 20 | 445 | 600 | 24 | 67 | — | — | | | | | | |
| | | | | 350 | 434 | 592 | 20 | 60 | — | — | | | | | | |
| Отпуск | 650, 20 ч | 20 | 492 | 608 | 26 | 72 | — | — | | | | | | | | |
| | | 350 | 472 | 597 | 22 | 62 | — | — | | | | | | | | |

¹ По линии сплавления.

Технологические характеристики [36]

| Свариваемость | Обработываемость резанием | Флокочувствительность |
|--|---|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка | В термически обработанном состоянии при $\sigma_b = 650$ Н/мм ² $K_v = 1,3$ (твердый сплав), $K_v = 0,7$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|----------------------------|---------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
| 20НЗДМЛ | | Отливки — ТУ 54.41–866–96. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 54.41–866–96 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,17–0,22 | 0,17–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | ≤ 0,40 | 2,50–4,00 | 0,25–0,65 | 0,60–1,25 | 680–690 | 765–780 | 360–375 | 500–510 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 54.41–866–96 | Нормализация | 900 | Воздух | Образцы | не менее | | | | | — | 187–241 |
| | | | | | 491 | 590 | 40 | 15 | 49 | | |
| | Отпуск | — | Воздух | Образцы | не менее | | | | | — | 197–255 |
| | | | | | 589 | 687 | 40 | 17 | 88 | | |

Назначение. Высоконагруженные коррозионно-стойкие детали судостроения, общего и тяжелого машиностроения, нефтегазодобывающей и других отраслей промышленности, используемые при температурах до минус 50°С.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | Термообработка | |
|--|-----------------|----------------|---|----------------|------|-------------------|------|----------------|------------------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 ¹ | – 20 | – 40 ¹ | – 60 | | – 80 |
| — | — | — | — | 30 | — | 15 | 39 | — | Нормализация + отпуск. |
| — | — | — | — | 61 | — | 35 | 59 | — | Закалка + отпуск. |

¹ Приведена работа удара, Дж.

Технологические характеристики [1]

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|---|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и ЭЛ | При σ _в = 590 Н/мм ² K _v = 0,98 (твердый сплав), K _v = 0,65 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Мало склонна |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------------------|---------|---------|-----------|----|----|----|----|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 32X06Л | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,25–0,35 | 0,20–0,40 | 0,40–0,90 | ≤ 0,050 | ≤ 0,050 | 0,50–0,80 | — | — | — | — | 755 | 810 | — | — | 350 |
| ¹ Температура нагрева 850°С. | | | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Закалка | 890–910 | Масло | До 100 | 441 | 638 | 10 | 20 | 49 | — | — |
| | Отпуск | 620–660 | Воздух | | | | | | | | |

Назначение. Различные детали вагоностроения, а также кронштейны, балансиры, катки, другие ответственные детали со стенкой толщиной до 50 мм и общей массой детали до 80 кг.

| Предел выносливости, Н/мм ² [4] | | | Состояние стали | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | |
|--|-----------------|-----------------|--|---|---|-------|------|------|----------------|--|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | – 80 |
| 172 | — | 10 ⁶ | При σ _в = 490 Н/мм ² | 88–138 | — | 30–84 | — | — | — | Отжиг 880–890°С. Закалка 910–920°С, масло. Отпуск 580–590°С, воздух. Отливка сечением 30 мм. |
| | | | | 51 | — | 22 | 13 | 8 | — | Нормализация 900°С, выдержка, 2–2,5 ч. Отливка сечением 20 мм. |
| | | | | 80 | — | 70 | 67 | 58 | — | Закалка, вода. Отпуск 650°С, вода. Отливка сечением 20 мм. |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|------|-------------------------------|------------------------|---|------------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1500 | Жидкотекучесть | К _{ж.т} = 1,6 | Склонность к образованию усадочной раковины | К _{у.р} = 0,8 |
| Линейная усадка, % | 1,8 | Показатель трещиностойчивости | К _{т.у} = 0,2 | Склонность к образованию усадочной пористости | — |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | В закаленном и отпущенном состоянии при 196–207 HB и σ _в = 638 Н/мм ² K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 0,8 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------------------|---------|---------|-----------|----|----|---|----|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 40ХЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,35–0,45 | 0,20–0,40 | 0,40–0,90 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 0,80–1,10 | — | — | — | — | 743 | 782 | 693 | 730 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Закалка | 850–870 | Масло | До 100 | 491 | 638 | 12 | 25 | 39 | — | — |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | 820–840 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | 160–229 |
| | Нормализация | 850–860 | Воздух | До 100 | 294 | — | 12 | — | 29 | — | 170–230 |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | |

Назначение. Фасонные отливки небольших размеров сложной конфигурации, изготавливаемые по выплавляемым моделям; отливки простой конфигурации, отливаемые в земляные формы и др. Зубчатые колеса, бандажи, секции вагонопрокидывателей и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной твердости.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|----------------|---|---|-------|-------|-------|-------|---|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| — | — | — | 57–94 | — | 47–58 | 20–60 | 20–38 | 12–30 | Нормализация 880–900°С. Закалка 870–880°С, масло, отпуск 630–640°С, воздух. |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------|-----------------|---|-----------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1497–1508 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 0,6$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{у.р} = 1,1$ |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | $K_{т.у} = 0,9$ | Склонность к образованию усадочной пористости | $K_{у.п} = 1,0$ |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокочувствительность |
|---|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | В закаленном и отпущенном состоянии при 196–207 HB и $\sigma_b = 630$ Н/мм ² $K_v = 1,1$ (твердый сплав), $K_v = 0,6$ (быстрорежущая сталь) | Мало чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|--|---------|---------|-----------|--------|----|---|----|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 70ХЛ | | Отливки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,65–0,75 | 0,25–0,45 | 0,55–0,85 | ≤ 0,040 | ≤ 0,050 | 0,80–1,00 | ≤ 1,00 | — | — | — | 730 | 745 | 690 | 725 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|----|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | 830–850 | С печью | — | не менее | | | | | — | — |
| | Нормализация | 840–860 | Воздух | — | Не определяются | | | | | — | ≥ 127 |
| | Отпуск | 630–650 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | ≥ 127 |

Назначение. Футеровка шаровых мельниц, бегунки и другие детали простой конфигурации, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости.

Сталь рекомендуется применять взамен стали марки 110Г13Л, когда требуется механическая обработка отливки.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 50 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------|------------------------|---|------------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1458–1469 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,0 |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 0,6 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 1,0 |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Не применяется для сварных конструкций. | В закаленном и отпущенном состоянии при 262–269 HB и σ _B ≥ 686 Н/мм ² K _v = 0,55 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | Мало чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|---|-------------------------|----------------|--------|----------|--|----------|
| 12МХЛ | | Отливки — ОСТ 108.961.02–79, ОСТ 108.961.04–80. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.961.02–79 | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | W | Ti | Al | Cu | | | |
| ≤ 0,13 | 0,25–0,50 | 0,50–0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,50–0,80 | ≤ 0,30 | 0,40–0,60 | — | — | — | ≤ 0,30 | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04–80 | Нормализация | 880–920 | На подине | — | 196 | 392 | 20 | 40 | 49 | — | — | | | |
| | Отпуск | 620–650 | С печью до 300°C | | | | | | | | | | | |
| <p>Назначение. Различные детали, работающие при температуре до 510°C.</p> <p>Сталь теплоустойчивая перлитного класса.</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | +20 | 0 | –20 | –40 | –60 | –80 | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °C | | — | | Жидкотекучесть | | — | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | — | | | |
| Линейная усадка, % | | — | | Показатель трещиностойкости | | — | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | — | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | | | В состоянии нормализации и отпуска при $\sigma_n = 400$ Н/мм ² $K_v = 1,4$ (твердый сплав), $K_v = 1,3$ (быстрорежущая сталь) | | | | A_{c1} | | A_{c3} | | A_{r1} | | A_{r3} |
| | | | | | | | | 720–725 | | 860–910 | | 695–730 | | 796–810 |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------------------------------------|---|-------------|--------------------------------------|---|---|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 14ХМТЛ | | Отливки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Mo | Ti | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,11–0,17 | 0,20–0,37 | 0,40–0,70 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 0,90–1,20 | 0,40–0,55 | 0,02–0,05 | 740 | 855 | — | — | 420 |
| ¹ Температура нагрева 920°С. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ДЦ | Нормализация | 900–920 | Воздух | До 100 | 250 | 450 | 20 | 40 | 80 | — | 200 | |
| | Отпуск | 630–650 | Воздух, печь | | | | | | | | | |
| Назначение. Детали, работающие длительное время при температурах до 500°С; корпуса тележек обжиговых машин и др. | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | — | Жидкотекучесть | | — | Склонность к образованию усадочной раковины | | | — | | | |
| Линейная усадка, % | | — | Показатель трещиностойчивости | | — | Склонность к образованию усадочной пористости | | | — | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | | В состоянии нормализации и отпуска при ≤ 223 НВ и σ _B = 450 Н/мм ² K _v = 1,2 (твердый сплав), K _v = 1,1 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|-------------------|-----------------------|---|------------------------------------|-----------|--------|-------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 20ХМЛ | | Отливки — ГОСТ 977-88, ОСТ 108.961.02-79, ОСТ 108.961.03-79, ОСТ 108.961.04-80, ОСТ 26 291-94, ТУ 26-02-19-75, ТУ 5.961-11151-80. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,15-0,25 | 0,20-0,42 | 0,40-0,90 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 0,40-0,70 | — | 0,40-0,60 | — | ГОСТ 977-88 | 745 | 845 | — | — | 435 |
| 0,15-0,22 | 0,20-0,45 | 0,50-0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,50-0,80 | ≤ 0,30 | 0,40-0,60 | ≤ 0,30 | ОСТ 108.961.02-79 | ¹ Температура нагрева 920°С. | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | HRC | НВ [1] | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977-88 | Нормализация | 880-890 | Воздух | До 100 | 245 | 441 | 18 | 30 | 29 | — | 149-229 | | | |
| | Отпуск | 600-650 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.02-79 | Нормализация | 880-900 | Воздух | Цилиндры 150 × 170 | 250 | 470 | 18 | 30 | 29 | — | 135-180 | | | |
| | Отпуск | 600-650 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁵ | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.02-79 | Нормализация | 880-900 | Воздух | 520 | 110 | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 600-650 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.03-79 | Нормализация | 880-900 | Воздух | До 100 | 250 | 470 | 18 | 30 | 29 | — | 135-180 | | | |
| | Отпуск | 600-650 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁵ | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.03-79 | Нормализация | 880-900 | Воздух | 520 | 110 | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 600-650 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04-80 | Нормализация | 880-910 | Воздух | До 100 | 245 | 461 | 18 | 30 | 29 | — | 135-180 | | | |
| | Отпуск | 620-650 | Воздух, с печью | | | | | | | | | | | |

Примечания.

1. Прямо-сдаточными показателями являются: предел текучести (σ_{0,2}), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (ККУ).
2. Временное сопротивление (σ_b), относительное сужение (ψ) и твердость (НВ) не являются прямо-сдаточными показателями, но определяются и заносятся в документ о качестве.
3. По требованию согласованного чертежа на отливках для деталей ГТУ, производится определение механических свойств при рабочих повышенных и пониженных температурах. Данные показатели не являются прямо-сдаточными, но заносятся в документ о качестве.

| 20ХМЛ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------|----|----|----|---|
| Механические свойства в интервале температур | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04-80 | Нормализация | 880-910 | Воздух | 20 | 304-392 | 471-549 | 12-28 | 27-66 | 69-168 | — | — | | | | |
| | | Отпуск | 620-650 | Воздух, с печью | 400 | 343 | 432 | 17-21 | 59-62 | 78 | — | — | | | |
| | 450 | | 314 | 412 | 22 | 62-68 | 93 | — | — | | | | | | |
| | 500 | | 294 | 378 | 22 | 69-75 | 74 | — | — | | | | | | |
| | 550 | | 255 | 334 | 24,5 | 77 | 69 | — | — | | | | | | |
| | 600 | 196-235 | 294 | 27,5 | 81,5 | 64 | — | — | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | | | 1·10 ⁵ | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04-80 | Нормализация | 880-910 | Воздух | 500 | 265 | | | | | | 177 | | | | |
| | | | | | Отпуск | 620-650 | Воздух, с печью | 560 | | | | | | 88 | |
| | | | | | | | | 600 | | | | | | 39 | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| не менее | | | | | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 26 291-94 | Нормализация | 880-890 | Воздух | До 100 | 20 | 245 | 441 | 18 | 30 | 29 | — | — | | | |
| | | | | | Отпуск | 600-650 | Воздух | -40 | — | — | — | — | 20 | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB | Угол загиба, град | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| [7] | Нормализация | 880-890 | Воздух | До 100 | 250 | 450 | 18 | 30 | 30 | 135-180 | 120 | | | | |
| | Отпуск | 600-650 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Детали паровых и газовых турбин, арматура и детали трубопроводов, работающие при температурах до 500-540°C. Фланцы, шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса, цилиндры и другие детали, работающие при температуре от минус 40 до плюс 540°C. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | | | | |
| [4] | Отжиг | 880-900, 8 ч | С печью | 400 | 365 | 460 | 17-22 | 41-51 | 73 | — | — | | | | |
| | | | | 500 | 295-325 | 390-410 | 14-24 | 64-79 | 49 | — | — | | | | |
| | | | | 600 | 245-265 | 305-345 | 24-26 | 73 | 54-64 | — | — | | | | |
| | Нормализация | 890-910, 8 ч | Воздух | 20 | 305-390 | 470-550 | 12-28 | 27-66 | 69-167 | — | — | | | | |
| | | | | 400 | 345 | 430 | 17-21 | 59-62 | 78 | — | — | | | | |
| | Отпуск | 640-660, 8 ч | До 300°C со скоростью 40-50°C/ч | 500 | 295 | 380 | 22 | 69-75 | 73 | — | — | | | | |
| 600 | | | | 195-235 | 290 | 28 | 82 | 64 | — | — | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | | | |
| [4] | ПС | | | 510 | 178-196 | 178-196 | — | 176 | 139-154 | | | | | | |
| | | | | 550 | 90-96 | 90-96 | 59-64 | 78 | 28 | | | | | | |
| [36] | Нормализация | 890-910, 8 ч | Воздух | 470 | 280 | 280 | 210 | — | 162 | | | | | | |
| | | | | 510 | 170 | 170 | 120 | 180 | 66 | | | | | | |
| | Отпуск | 640-660, 8-10 ч | До 300°C со скоростью 40-50°C/ч | 550 | 80-90 | 80-90 | 55 | 80 | 29 | | | | | | |
| | | | | 470 | 300-360 | 230-260 | 130-150 | — | — | | | | | | |
| Отпуск | 640-660 | Воздух, с печью | 510 | 290-310 | 180-200 | 90-100 | — | — | | | | | | | |
| | | | 550 | 260-280 | 140-160 | 45-60 | — | — | | | | | | | |

| 20ХМЛ | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------------|-------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----------------------------------|--|
| Механические свойства стали при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Состав стали, % | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [34, 36] | Нормализация Отпуск | 850–900 650, 4 ч | Воздух Воздух | 20 | 240 | 450 | 22 | 45 | 65 | 0,15–0,18 С 0,45 Сr 0,50 Мо | |
| | | | | 540 | 210 | 340 | 25 | 69 | 60 | | |
| | Литое состояние (образцы от толстых и тонких стенок отливок) ----- Без обработки | | | 20 | 370 | 550 | 6 | 15 | 10 | 0,19 С 0,70 Сr 0,47 Мо | |
| | Отжиг | 880–900 | С печью | 400 | 370 | 470 | 17 | 41 | 75 | | |
| | | | | 450 | 310 | 440 | 20 | 55 | 65 | | |
| | | | | 500 | 300 | 400 | 14 | 64 | 50 | | |
| | | | | 550 | 250 | 340 | 20 | 64 | 40 | | |
| | | | | 600 | 250 | 310 | 24 | 73 | 55 | | |
| | Нормализация Отпуск | 890–910 640–660 | Воздух Воздух | 20 | 310 | 480 | 12 | 27 | 70 | | |
| | | | | 400 | 350 | 440 | 17 | 59 | 80 | | |
| | | | | 450 | 320 | 420 | 22 | 62 | 95 | | |
| | | | | 500 | 300 | 380 | 22 | 69 | 75 | | |
| | | | | 550 | 260 | 340 | 24 | 77 | 70 | | |
| | 600 | 200 | 290 | 27 | 81 | 65 | | | | | |
| | 650 | 200 | 240 | 30 | 86 | 70 | | | | | |

| Механические свойства стали после длительного старения | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--------------------|---------------------------------------|----------------|------------|------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----------------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | t _{исп.} , °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Состав стали, % |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | t, °С | τ , ч | | | | | | | |
| [34] | Нормализация | 890–910, 8 ч | Воздух | — | — | 20 | 240 | 450 | 22 | 45 | 65 | 0,15–0,18 С 0,45 Сr 0,50 Мо |
| | | | | — | — | 540 | 210 | 340 | 25 | 69 | 60 | |
| | Отпуск | 640–660, 8–10 ч | До 300°С со скоростью 40–50°С/ч | 550 | 3500 | 20 | 215 | 355 | 25 | 56 | 100 | |
| | | | | 550 | 3500 | 540 | 173 | 345 | 20,5 | — | 54 | |
| | | | | 600 | 7000 | 20 | 240 | 460 | 32 | 66 | 90 | |
| | | | | 600 | 7000 | 540 | 175 | 280 | 35 | 78 | 84 | |
| | | | | 600 | 10000 | 20 | 240 | 460 | 27 | 60 | 75 | |
| | | | | 650 | 7000 | 20 | 240 | 450 | 30 | 68 | — | |
| | | | | 650 | 7000 | 540 | 155 | 250 | 32 | 68 | 71 | |
| | | | | — | — | 20 | 310 | 480 | 12 | 27 | 70 | |
| | 450 | 5000 | 20 | 310 | 510 | 20 | 55 | 100 | | | | |
| | 500 | 5000 | 20 | 330 | 505 | 25 | 64 | 100 | | | | |
| 550 | 5000 | 20 | 310 | 505 | 27 | 68 | 100 | | | | | |

| Механические свойства стали при температуре 20°С после испытания на ползучесть | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--------------------|---------------------------------------|------------|------------------------------|------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|---------------------------------------|------------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Ползучесть | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ ¹ , Дж/см ² | Состав стали, % |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | t, °С | σ , Н/мм ² | τ , ч | | | | | | |
| [34] | Нормализация | 890–910, 8 ч | Воздух | 470 | 150 | 2300 | 320 | 510 | 14 | 46 | 65 | 0,19 С 0,70 Сr 0,47 Мо |
| | | | | 510 | 60 | 2000 | 310 | 510 | 21 | 53 | 75 | |
| | Отпуск | 640–660, 8–10 ч | До 300°С со скоростью 40–50°С/ч | 550 | 40 | 2800 | 310 | 520 | 17 | 36 | 40 | |

¹ Цилиндрические образцы диаметром 8 мм с кругвым надрезом ($R_n = 1$ мм).

Технологические характеристики [1]

| | | | | | |
|--|-----------|-----------------------------|-----------------|---|-----------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1494–1506 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 1,1$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{у.р} = 1,1$ |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойкости | $K_{т.у} = 0,8$ | Склонность к образованию усадочной пористости | $K_{у.п} = 1,0$ |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|----------------------------------|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | В нормализованном и отпущенном состоянии при 149–229 НВ и $\sigma_{в} = 440$ Н/мм ² $K_v = 1,1$ (твердый сплав), $K_v = 0,8$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---|-------------------|----------------------------|---|------------------------------------|-----------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|--|
| 20ХМФЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88, ОСТ 108.961.02–79, ОСТ 108.961.03–79, ОСТ 108.961.04–80, РД 24.035.101–88. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Mo | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,18–0,25 | 0,20–0,40 | 0,60–0,90 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,90–1,20 | 0,50–0,70 | 0,20–0,30 | 777–780 | 868–880 | 683–725 | 880–835 | |
| По ОСТ 108.961.02–79, ОСТ 108.961.03–79, ОСТ 108.961.04–80 содержание Ni ≤ 0,30 и Cu ≤ 0,30. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 970–1000 | Воздух | До 100 | 275 | 491 | 16 | 35 | 29 | — | — | |
| | Нормализация | 960–980 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 710–740 | Воздух | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.02–79 | Гомогенизация | 970–1000 | Воздух | Цилиндры 150 × 170 | 280–550 | 600 | 16 | 35 | 29 | — | 156–223 | |
| | Нормализация | 960–980 | Воздух | Корпусы клапанов 100 × 150 | 300–550 | 500 | 16 | 35 | 29 | — | 159–223 | |
| | Отпуск | 710–740 | Воздух | Обоймы 60 × 150 | 320–550 | 500 | 16 | 35 | 29 | — | 159–223 | |
| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁵ | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.02–79 | Гомогенизация | 970–1000 | Воздух | 520 | 118 | | | | | | | |
| | Нормализация | 960–980 | Воздух | 540 | 100 | | | | | | | |
| | Отпуск | 710–740 | Воздух | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.03–79 | Гомогенизация | 970–1000 | Воздух | До 100 | 320–550 | 500 | 15 | 30 | 29 | — | 159–223 | |
| | Нормализация | 960–980 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 710–740 | Воздух | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁵ | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.03–79 | Гомогенизация | 970–1000 | Воздух | 520 | 118 | | | | | | | |
| | Нормализация | 960–980 | Воздух | 540 | 100 | | | | | | | |
| | Отпуск | 710–740 | Воздух | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04–80 | Гомогенизация | 970–1000 | Воздух | До 100 | 314 | 490 | 15 | 30 | 29 | — | 159–223 | |
| | Нормализация | 960–980 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 710–740 | Воздух | | | | | | | | | |

Примечания.

1. Прямо-сдаточными показателями являются: предел текучести (σ_{0,2}), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (КCU).
2. Временное сопротивление (σ_в), относительное сужение (ψ) и твердость (HB) не являются прямо-сдаточными показателями, но определяются и заносятся в документ о качестве.
3. По требованию согласованного чертежа на отливках для деталей ГТУ, производится определение механических свойств при рабочих повышенных и пониженных температурах. Данные показатели не являются прямо-сдаточными, но заносятся в документ о качестве.

| 20ХМФЛ | | Механические свойства | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------------------|-------------------|-------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|
| Механические свойства в интервале температур | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961. 04-80 | Нормализация | 940-950 | Воздух | 20 | 314-530 | 490-765 | 9-24 | 13-55 | 20-108 | — | — |
| | Нормализация | 920 | Воздух | 400 | 265-422 | 471-559 | 10-20 | 43-55 | 59-147 | — | — |
| | Отпуск | 690-710 | Воздух | 450 | 255-383 | 443-549 | 11-20 | 50-57 | 78-108 | — | — |
| | | | | 500 | 255-373 | 432-510 | 13-16 | 46-62 | 49-98 | — | — |
| | | | | 550 | 213-383 | 314-461 | 12-21 | 60-81 | 69-78 | — | — |
| | | | | 600 | 213-314 | 275-402 | 10-23 | 61-73 | 49-88 | — | — |

Пределы длительной прочности

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | |
|--------------------------|----------------------|---------|-------------------|-------|--|--|-------------------|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | | 1·10 ⁵ | |
| ОСТ 108.961. 04-80 | Нормализация | 940-950 | Воздух | 400 | 275 | | 234 | |
| | Нормализация | 920 | Воздух | 500 | 216 | | 177 | |
| | Отпуск | 690-710 | Воздух | 540 | 157 | | 108 | |
| | | | | 600 | 64 | | 39 | |

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ | |
|--------|--|---------|--------------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|--|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [34] | Рекомендуемый режим: | | | — | не менее или в пределах | | | | | | | |
| | Арматура и трубопроводы | | | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 940-950 | Воздух | | 320 | 500 | 14 | 30 | 30 | — | — | |
| | Цилиндры | | | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 920-940 | Воздух | | 150-170 | 280 | — | — | — | — | — | |
| | Корпусы клапанов | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 690-710 | Со скоростью ≤ 50°C/ч | | 100-150 | 300 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | Обоймы | | | | | | | |
| | 60-150 | 300 | 500 | | 16 | 35 | 30 | — | 140 | | | |
| | Паровые и сопловые коробки, крышки клапанов и паровых коробок и др. | | | | | | | | | | | |
| 60-150 | 320 | — | — | — | — | — | — | — | | | | |

Назначение. Детали паровых турбин, цилиндры, корпуса клапанов, обоймы, паровые и сопловые коробки, крышки клапанов и паровых коробок и другие детали паровых турбин. Фасонные отливки для арматуры и трубопроводов, работающие при температуре до 540°C.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

Механические свойства стали при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | Состав стали, % |
|------|----------------------|----------------------------|-------------------|-------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|--------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| [34] | | | | | не менее | | | | | |
| | Нормализация | 940-950 | Воздух | 20 | 320 | 500 | 9 | 13 | 20 | 0,19-0,25 C |
| | | | | 100 | — | — | — | — | 70 | 0,90-1,20 Cr |
| | | | | 200 | 260 | 480 | 14 | 30 | 80 | 0,52-0,70 Mo |
| | | | | 300 | 270 | 490 | 13 | 30 | 100 | 0,20-0,50 V |
| | | | | 400 | 270 | 480 | 10 | 43 | 60 | 0,10-0,20 Ni |
| | | | | 450 | 260 | 460 | 11 | 50 | 80 | |
| | | | | 475 | 250 | 460 | 12 | 46 | 90 | |
| | | | | 500 | 260 | 440 | 13 | 46 | 50 | |
| | | | | 550 | 220 | 320 | 12 | 60 | 70 | |
| | | | | 600 | 220 | 280 | 18 | 61 | 55 | |
| | 700 | 190 | 220 | 27 | 84,5 | 65 | | | | |
| | Отпуск | 950 680-700, 10-14 ч | Воздух | 20 | 260 | 500 | 24 | 36 | 60 | 0,24-0,25 C |
| | | | | 470 | 200 | 430 | 19 | 60 | 70 | 0,90-1,05 Cr |
| | | | | 500 | 200 | 420 | 21 | 65 | — | 0,52 Mo |
| | | | | 525 | 200 | 410 | 22 | 65 | 90 | 0,20-0,50 V |
| 550 | | | | 200 | 360 | 18 | 70 | 90 | | |

| 20ХМФЛ | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|------------------|-----------------------|------------------------|---|--------------------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------|
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | | | |
| [34] | Нормализация | 950 | Воздух | 480 | 280 | 240 | — | 105 | | | | | |
| | | 680–700, 10–14 ч | | 500 | 220 | 180 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | | Воздух | 525 | 170 | 140 | — | 90 | | | | | |
| | | | | 540 | 160 | 110 | 150 | 60 | | | | | |
| | | | | 560 | 125 | 90 | 120 | 50 | | | | | |
| | | | | 570 | 105 | 65 | — | — | | | | | |
| | | | | 580 | — | — | 75 | 35 | | | | | |
| 600 | 65 | 40 | — | — | | | | | | | | | |
| [36] | Нормализация | 940–950 | Воздух | 480 | — | — | — | 100–150 | | | | | |
| | Нормализация | 920–940 | Воздух | 525 | — | — | 180–210 | 100–130 | | | | | |
| | Отпуск | 690–710 | Воздух | 540 | — | — | 130–150 | 60–100 | | | | | |
| | | | | 560 | — | — | 100 | 40 | | | | | |
| 580 | — | — | 70 | 30 | | | | | | | | | |
| Механические свойства стали при температуре 20°C после длительного старения | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | τ, ч | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | Состав стали, % | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [34] | Нормализация | 940–950 | Воздух | Исходное состояние | | 530 | 690 | 13 | 39 | 45 | 0,25 С | | |
| | | | | 525 | 4000 | 520 | 670 | 12 | 37 | 40 | | | |
| | Нормализация | 920–940 | Воздух | 540 | 4000 | 540 | 710 | 16 | 51 | 35 | 0,70 Мо | | |
| | | | | 560 | 4000 | 480 | 630 | 13 | 38 | 50 | 0,20 V | | |
| | Отпуск | 690–710 | Со скоростью ≤ 50°C/ч | Исходное состояние | | 480 | 670 | 15 | 50 | — | 0,24 С | | |
| | | | | 550 | 10000 | 460 | 660 | 17,5 | 43 | — | 0,53 Мо | | |
| | | | | 550 | 30000 | 380 | 590 | 15,5 | 28 | — | 0,21 V | | |
| | | | | Исходное состояние | | 350 | 580 | 22 | 57 | 70 | 0,22 С | | |
| | | | | 550 | 10000 | 335 | 550 | 19 | 63 | 60 | 1,19 Cr | | |
| | | | | 550 | 30000 | 290 | 515 | 27,5 | 64 | 100 | 0,58 Мо | | |
| | 600 | 10000 | 290 | 470 | 22 | 64 | — | 0,21 V | | | | | |
| | 600 | 50000 | 260 | 430 | 28 | 67 | 180 | | | | | | |
| Механические свойства стали при разных температурах после испытания на ползучесть | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t _{пол.} , °C | σ, Н/мм ² | τ, ч | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ ¹ , Дж/см ² | Состав стали, % |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [34] | Нормализация | 940–950 | Воздух | — | — | — | 20 | 480 | 670 | 16,5 | 50,5 | 40 | 0,22 С |
| | | | | 525 | 140 | 2100 | 20 | 483 | 685 | 15 | 43 | — | 1,19 Cr |
| | Нормализация | 920–940 | Воздух | 525 | 140 | 2100 | 525 | 365 | 440 | 21 | 63 | — | 0,58 Мо |
| | | | | 525 | 160–180 | 2000 | 20 | 450 | 670 | 11 | 22 | — | 0,21 V |
| | Отпуск | 690–710 | Со скоростью ≤ 50°C/ч | 525 | 160–180 | 2000 | 525 | 340 | 400 | 17,5 | 62 | — | |
| | | | | 540 | 140 | 2100 | 20 | 460 | 675 | 17 | 51 | 57 | |
| | | | | — | — | — | 20 | 360 | 600 | 23,5 | 60 | 80 | |
| | | | | 540 | 90 | 2170 | 20 | 350 | 600 | 21,5 | 59 | 64 | |
| | | | | 560 | 90 | 2100 | 20 | 330 | 580 | 24 | 60 | — | |
| | | | | 560 | 90 | 2100 | 560 | 210 | 265 | 25,5 | 86 | — | |
| | | | | 560 | 110 | 1900 | 20 | 345 | 598 | 23 | 63 | — | |
| | | | | 560 | 110 | 1900 | 560 | 215 | 255 | 26 | 88 | — | |

¹ Цилиндрические образцы диаметром 8 мм с круговым надрезом (R_n = 1 мм).

| 20ХМФЛ | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------------|-------------------------|--|---------------------------------------|--|--|---|-----------------|----------------------------|-------|----|
| Механические свойства наплавленного металла при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [34] | Отпуск (Электроды ЦЛ-20) | 700 | Воздух | 20 | 440 | 550 | 15,5 | 70 | 145 | — | — |
| | | | | 150 | 400 | 550 | 17 | 74 | 170 | — | — |
| | | | | 250 | 400 | 515 | 17 | 73,5 | 195 | — | — |
| | | | | 350 | 365 | 500 | 14,5 | 68 | 195 | — | — |
| | | | | 400 | 310 | 495 | 16 | 67 | 130 | — | — |
| | | | | 470 | 380 | 570 | 16 | 61 | 130 | — | — |
| | | | | 520 | 370 | 500 | 17,7 | 66 | 150 | — | — |
| Пределы длительной прочности и ползучести сварного соединения и наплавленного металла | | | | | | | | | | | |
| НД | Вид материала | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | | | | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁵ | | | | |
| [34] | Сварное соединение | | | 475 | — | 240 | — | | | | |
| | | | | 525 | — | 140 | — | | | | |
| | | | | 540 | — | 110 | — | | | | |
| | Наплавленный металл | | | 475 | — | 270 | — | | | | |
| | | | | 480 | — | — | 140 | | | | |
| | | | | 560 | 160 | — | — | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Окалинистость (глубина проникновения) | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | Паровая среда | 565 | 0,04 | — | | | | |
| Время, ч | t, °С | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | | 29 | | | | | | | | |
| 30000 | 550 | 100 | 610 | | | | | | 0,107 | 10000 | |
| 50000 | 600 | 180 | 610 | | | | | | 0,284 | 10000 | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1494–1506 | | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной раковины | | | $K_{y.p} = 1,1$ | | | |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | | Показатель трещиностойкости | $K_{т.y} = 0,8$ | Склонность к образованию усадочной пористости | | | $K_{y.п} = 1,0$ | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | Пластичность [36] | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | В закаленном и отпущенном состоянии при ≤ 223 НВ и $\sigma_B = 500$ Н/мм ² $K_v = 0,6$ (быстрорежущая сталь) | | | Удлинение в условиях длительного разрыва (10000 ч) при 525–560°С составляет 2–5% | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|--|---------|---------|-----------|--------|-----------|--------|---------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 35ХМЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88, ГОСТ 21357–87, ТУ 26–06–166–82. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,30–0,40 | 0,20–0,40 | 0,40–0,90 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 0,80–1,10 | — | 0,20–0,30 | — | ГОСТ 977–88 | 730–757 | 780–802 | 693 | 750 | 385 |
| 0,30–0,40 | 0,20–0,40 | 0,40–0,90 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 0,90–1,10 | ≤ 0,03 | 0,20–0,30 | ≤ 0,30 | ГОСТ 21357–87 | ¹ Температура нагрева 850°С. | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV ₋₆₀ , Дж/см ² | НВ |
|---------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 860–880 | Воздух | До 100 | 392 | 589 | 12 | 20 | 29 | — | — |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 860–870 | Вода или масло | До 100 | 540 | 687 | 12 | 25 | 39 | — | — |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | |
| ГОСТ 21357–87 | Закалка | 890–910 | Масло или вода | — | 600 | 700 | 10 | 18 | 30 ² | 20 | — |
| | Отпуск | 620–640 | Воздух | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ДЦ | Отжиг | 850–870 | С печью | — | Не определяются | | | | | 160–229 | |

² KCU при минус 60°С.

Назначение. Шестерни, крестовины, втулки, зубчатые венцы, детали насосов и другие детали, работающие с повышенными нагрузками и требующие повышенной твердости. Ответственные литые детали горнометаллургического оборудования, работающие при температурах до – 60°С.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | | Термообработка | |
|--|-----------------|----------------|---|----|-------|------|-------|------|------|----------------|---|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | – 60 | | – 80 |
| — | — | — | 33 | 17 | 9 | 7 | 7 | 7 | — | — | — |
| — | — | — | — | — | 30–44 | — | 24–38 | — | 9–30 | 12–19 | Нормализация 880–890°С. Отпуск 600°С, воздух. Сечение до 30 мм. |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------|------------------------|---|------------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1486–1498 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 1,0 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,1 |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 0,8 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 1,0 |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | В термообработанном состоянии при 174–179 НВ и σ _B = 850–980 Н/мм ² K _v = 0,80 (твердый сплав), K _v = 0,75 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------------------|---|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|-----------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 35ХМФЛ | | Отливки — ТУ 24.00.001–79. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 24.00.001–79 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Mo | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,30–0,40 | 0,20–0,40 | 0,40–0,90 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 0,80–1,10 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | 0,08–0,12 | 0,06–0,12 | 735 | 830 | — | — | 320 |
| ¹ Температура нагрева 970°С. | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | не менее | | |
| ТУ 24.00.001–79 | Нормализация | 920 | Воздух | До 100 | 410 | 620 | 12 | 20 | 34 | — | — | | | |
| | Отпуск | 640–700 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 910 | Вода или масло | До 100 | 540 | 690 | 12 | 25 | 44 | — | — | | | |
| | Отпуск | 640–680 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Детали вагоностроения, металлургического оборудования и других деталей тяжелого и транспортного машиностроения. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | | | | |
| — | — | — | 61 | — | — | — | 25 | — | Закалка 910°С; отпуск 650°С | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1560–1600 | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 0,9 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | K _{у.р} = 1,1 | | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,1–2,3 | Показатель трещиностойкости | | K _{т.у} = 0,8 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | K _{у.п} = 1,0 | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | В термообработанном состоянии при 175–185 НВ K _r = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,7 (быстрорежущая сталь) | | | | Чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|---|-------------------|----------------------------|---|------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| 15X1M1ФЛ | | Отливки — ОСТ 108.961.02-79, ОСТ 108.961.03-79, ОСТ 108.961.04-80, ТУ 108.1292-84, ТУ 5.961-11151-80, РД 24.035.101-88. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.961.04-80 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,14-0,20 | 0,20-0,40 | 0,60-0,90 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 1,20-1,70 | ≤ 0,30 | 0,90-1,20 | 0,25-0,40 | ≤ 0,30 | 770-800 | 875-920 | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | не менее или в пределах | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.02-79 | Гомогенизация | 1000-1030 | Воздух | Цилиндры 150 × 170 | 320-550 | 600 | 15 | 35 | 29 | — | 156-223 | | |
| | Нормализация | 970-1000 | Воздух | Корпусы клапанов 100 × 150 | 320-550 | 500 | 15 | 35 | 29 | — | 159-223 | | |
| | Отпуск | 720-750 | Воздух | Обоймы 60 × 150 | 320-550 | 600 | 15 | 35 | 29 | — | 159-223 | | |
| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁵ | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.02-79 | Гомогенизация | 1000-1030 | Воздух | 540 | 106 | | | | | | | | |
| | Нормализация | 970-1000 | Воздух | 565-570 | 78 | | | | | | | | |
| | Отпуск | 720-750 | Воздух | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | не менее или в пределах | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.03-79 | Гомогенизация | 1000-1030 | Воздух | До 100 | 320-550 | 500 | 15 | 30 | 29 | — | 159-223 | | |
| | Нормализация | 970-1000 | Воздух | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 720-750 | Воздух | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁵ | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.03-79 | Гомогенизация | 1000-1030 | Воздух | 540 | 106 | | | | | | | | |
| | Нормализация | 970-1000 | Воздух | 565-570 | 78 | | | | | | | | |
| | Отпуск | 720-750 | Воздух | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | не менее | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04-80 | Гомогенизирующий отжиг | 1000-1030 | Воздух | До 100 | 314 | 490 | 15 | 30 | 29 | — | 159-223 | | |
| | Нормализация | 970-1000 | Воздух | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 720-750 | Воздух | | | | | | | | | | |

Примечания.

1. Приемно-сдаточными показателями являются: предел текучести (σ_{0,2}), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (КCU).
2. Временное сопротивление (σ_в), относительное сужение (ψ) и твердость (HB) не являются приемно-сдаточными показателями, но определяются и заносятся в документ о качестве.
3. По требованию согласованного чертежа на отливках для деталей ГТУ, производится определение механических свойств при рабочих повышенных и пониженных температурах. Данные показатели не являются приемно-сдаточными, но заносятся в документ о качестве.

| 15X1M1ФЛ | | | | Механические свойства | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|-----------|-------------------|---|--|-----------------------------------|-----------------|-------------------|----------------------------|---------------------|-----|
| Механические свойства в интервале температур | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961. 04-80 | Гомогенизация | 1000-1030 | Воздух | 20 | 343 | 540-589 | 17-26 | 69 | 36-177 | — | — |
| | Нормализация | 970-1000 | Воздух | 300 | 309 | 515 | 16 | 60,5 | 118-245 | — | — |
| | Отпуск | 720-750 | Воздух | 500 | 255 | 348 | 24,5 | 78 | 98-127 | — | — |
| | | | | 600 | 221 | 235 | 25 | 92 | 78-98 | — | — |
| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | | | 1·10 ⁵ | | | |
| ОСТ 108.961. 04-80 | Гомогенизация | 1000-1030 | Воздух | 570 | 128-172 | | | 108-128 | | | |
| | Нормализация | 970-1000 | Воздух | 600 | 83-128 | | | 64-98 | | | |
| | Отпуск | 720-750 | Воздух | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [34] | В термически обработанном состоянии | | | — | Арматура и трубопроводы | | | | | | |
| | | | | | 350 | 500 | 14 | 30 | 30 | — | — |
| | | | | 150-170 | Цилиндры | | | | | | |
| | | | | | 300 | 500 | 14 | 30 | 30 | — | 140 |
| | | | | 100-150 | Корпусы клапанов | | | | | | |
| | | | | | 320 | 500 | 14 | 30 | 30 | — | 140 |
| | | | 60-150 | Обоймы | | | | | | | |
| | | | | 300 | 500 | 14 | 30 | 30 | — | 140 | |
| | | | 60-150 | Паровые и сопловые коробки, крышки клапанов и др. | | | | | | | |
| | | | | 350 | 500 | 14 | 30 | 30 | — | 140 | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Масса отливки, т | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [34] | В термически обработанном состоянии | | | Толщина стенок 50-150 | 320 | 540 | 10 | 11 | 16 | 0,77 | |
| | | | | | 320 | 510 | 7,5 | 26,5 | 28 | 4,2 | |
| | | | | | 300 | 550 | 14 | 34 | 20 | 5 | |
| Назначение. Детали турбин, детали арматуры, работающие при температуре до 560°C. Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 510°C (ПНАЭГ-7-008-89). Сталь теплоустойчивая перлитного класса. | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства стали при повышенных температурах в зависимости от уровня исходных свойств при 20°C | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [34] | В термически обработанном состоянии | | | 20 | 450 | 600 | 16 | 60 | 106 | — | — |
| | | | | 540 | 320 | 400 | 24 | 80 | 96 | — | — |
| | | | | 565 | 320 | 350 | 23 | 82 | 102 | — | — |
| | | | | 20 | 550 | 700 | 14 | 43 | 83 | — | — |
| | | | | 540 | 400 | 450 | 17 | 68 | 87 | — | — |
| | | | | 565 | 350 | 400 | 16,5 | 62 | 86 | — | — |
| Механические свойства стали при различных температурах в зависимости от уровня исходных свойств ($\sigma_{0,2} = 250$ Н/мм ²) | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [34] | В термически обработанном состоянии | | | -40 | — | — | — | — | 6 | — | — |
| | | | | -20 | — | — | — | — | 13 | — | — |
| | | | | 0 | — | — | — | — | 75 | — | — |
| | | | | 20 | 250 | 480 | 22 | 67 | 70 | — | — |
| | | | | 100 | 230 | 440 | 22,5 | 65 | 140 | — | — |
| | | | | 200 | 190 | 380 | 15 | 16 | 130 | — | — |
| | | | | 300 | 190 | 360 | 9 | 62 | 140 | — | — |
| | | | | 400 | 190 | 360 | 17 | 54 | 140 | — | — |
| | | | | 500 | 190 | 340 | 17 | 59 | 80 | — | — |
| | | | | 565 | 180 | 290 | 15,1 | 53 | 80 | — | — |
| | | | | 600 | 160 | 240 | 27 | 81 | — | — | — |

15X1M1ФЛ

Механические свойства стали при различных температурах в зависимости от уровня исходных свойств ($\sigma_{0,2} = 350 \text{ Н/мм}^2$)

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | ККУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
|----------|-------------------------------------|-------|-------------------|-------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|------------|----------------------------|-----|----|---|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [27, 34] | В термически обработанном состоянии | | | -80 | — | — | — | — | 4 | — | — | | |
| | | | | -60 | — | — | — | — | — | — | 5 | — | — |
| | | | | -40 | — | — | — | — | — | — | 4 | — | — |
| | | | | -20 | — | — | — | — | — | — | 5 | — | — |
| | | | | 0 | — | — | — | — | — | — | 10 | — | — |
| | | | | 20 | 350 | 550 | 17 | 69 | 37 | — | — | — | — |
| | | | | 100 | 320 | 515 | 17,6 | 63 | 430 | — | — | — | — |
| | | | | 200 | 285 | 470 | 20 | 67,5 | 140 | — | — | — | — |
| | | | | 300 | 315 | 525 | 16 | 60,5 | 120 | — | — | — | — |
| | | | | 400 | 315 | 500 | 17 | 57,5 | 110 | — | — | — | — |
| | | | | 500 | 260 | 355 | 24,5 | 78 | 100 | — | — | — | — |
| | 540 | 240 | 310 | 18 | 65 | — | — | — | — | — | | | |
| | 565 | 230 | 290 | 18 | 61 | — | — | — | — | — | | | |
| | 600 | 225 | 240 | 25 | 92 | 80 | — | — | — | — | | | |

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
|------|------------------------|----------|---------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ³ | 1·10 ⁵ | |
| [34] | Рекомендуемый режим | | | 500 525 550 565–570 600 | 210 170 150 130 85 | 180 150 120 110 65 | — — — 50 — |
| | Гомогенизирующий отжиг | 1050 | До 500°C на воздухе | | | | |
| | Нормализация | 980–1000 | Обдувка воздухом до 500°C | | | | |
| | Отпуск | 710–740 | С печью до 200°C | | | | |
| [36] | Нормализация | 980–1000 | Воздух | | | | |
| | Отпуск | 710–740 | Воздух | 580–585 | — | — | 80–100 |

Механические свойства стали при температуре 20°C после длительного старения (отливка 5 т)

| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | ККУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|----------|---|-------|-------------------|--------------------|------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | | |
| [27, 34] | Гомогенизация Нормализация Отпуск | | | Исходное состояние | | 300 | 520 | 23 | 65 | 85 | — | 174 |
| | | | | 565 | 500 | 300 | 550 | 23 | 69 | 110 | — | 158 |
| | | | | 565 | 5000 | 300 | 550 | 23 | 66 | 70 | — | 156 |
| | | | | 600 | 500 | 300 | 540 | 23 | 69 | 90 | — | 158 |
| | | | | 600 | 5000 | 335 | 540 | 22 | 60 | 120 | — | 156 |

Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч

| — | | | Жаростойкость [1] | | | | |
|--|-------|-------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|---|----|
| — | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | Группа стойкости | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | Воздух Воздух Воздух | 600 625 650 | 0,194 0,264 0,413 | Пониженно-стойкая Пониженно-стойкая Пониженно-стойкая | |
| Время, ч | t, °C | ККУ, Дж/см ² | | | | | |
| Исходное состояние | | | | | | | 29 |
| 5000 | 565 | 70–140 | | | | | |
| 5000 | 600 | 120–140 | | | | | |

Технологические характеристики [1]

| | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------|-----------------|---|-----------------|
| Температура начала затвердевания стали, °C | 1495–1505 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{у.р} = 1,2$ |
| Линейная усадка, % | 2,1–2,2 | Показатель трещиностойчивости | $K_{т.у} = 0,9$ | Склонность к образованию усадочной пористости | $K_{у.п} = 0,5$ |

Свариваемость

Ограниченно свариваемая.
Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ.
Необходимы предварительный и сопутствующий подогрев и последующая термообработка

Обработываемость резанием

В отожженном состоянии при 308 НВ
 $K_v = 0,35$ (твердый сплав),
 $K_v = 0,25$ (быстрорежущая сталь)

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------------------------------|---------|---------|-----------|--------|-----------|------------------|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|---------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 30ХГФРЛ | | Отливки — ТУ 24.00.001–79. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 24.00.001–79 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | V | B | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn |
| 0,28–0,36 | 0,20–0,60 | 0,80–1,25 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 0,50–0,90 | ≤ 0,30 | 0,05–0,10 | 0,004 по расчету | ≤ 0,30 | 750–760 | 845–855 | 425–675 | 720–855 | 320–370 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-----------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 24.00.001–79 | Закалка | 900–920 | Масло | До 100 | 500 | 700 | 12 | 25 | 40 | — | 196–255 |
| | Отпуск | 650–670 | Воздух | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | 820–840 | С печью | — | Не определяются | | | | | — | — |

Назначение. Шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса и др.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|---------|-----------------------------|---|---|---|
| Температура начала затвердевания стали, °С | — | Жидкотекучесть | — | Склонность к образованию усадочной раковины | — |
| Линейная усадка, % | 1,5–2,0 | Показатель трещиностойкости | — | Склонность к образованию усадочной пористости | — |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | В закаленном и отпущенном состоянии при 196–255 НВ и σ _в = 700 Н/мм ² K _v = 1,0 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-------------------------------|---------|---------|-----------|--------|--------|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
| 30ХГСФЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,25–0,35 | 0,40–0,60 | 1,00–1,50 | ≤ 0,050 | ≤ 0,050 | 0,30–0,50 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | 0,06–0,12 | 760–770 | 830–840 | 705–710 | 680–710 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
|-------------|----------------------|----------------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 900–930 | Воздух | До 100 | 392 | 589 | 15 | 25 | 34 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 900–920 | Масло | До 100 | 589 | 785 | 14 | 25 | 44 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 630–670 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 900–920 | Масло | До 100 | 670 | 830 | 18 | 39 | 82 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 640–680 5 ч | Воздух | | | | | | | | | | | | | |

Назначение. Шестерни, зубчатые колеса и другие детали машиностроения.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|-----------------|----------------|---|---|------|------|------|------|---|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| 402 | — | 10 ⁵ | | — | — | — | 33 | — | — | Нормализация |
| 333 | — | 10 ⁵ | | 82 | — | — | — | 44 | — | Закалка 900–930°С, масло; отпуск 640–680°С, 5 ч, воздух |
| 333 | — | 10 ⁷ | | | | | | | | |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------|------------------------|---|------------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1486–1495 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,1 |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 0,7 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 1,0 |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способ сварки: РД. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | В отожженном состоянии при σ _в = 600 Н/мм ² K _в = 0,9 (твердый сплав), K _в = 0,7 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Мало склонна |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------------------|---------|---------|-----------|----|----|----|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
| 35ХГСЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,30–0,40 | 0,60–0,80 | 1,00–1,30 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 0,60–0,90 | — | — | — | 765 | 840 | 720 | 710 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | |
|-------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 870–890 | Воздух | До 100 | 343 | 589 | 14 | 25 | 29 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 570–600 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 870–880 | Вода или масло | До 100 | 589 | 785 | 10 | 20 | 39 | — | — | | | | | |
| | Отпуск | 630–670 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |

Назначение. Зубчатые колеса, звездочки, оси, валы, муфты и другие ответственные детали, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|----------------|---|---|-------|------|------|------|---|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 60 | |
| — | — | — | 30–53 | — | 8–58 | — | 8–29 | 6–18 | Нормализация 870–890°С. Отпуск 570–600°С. |
| | | | 28–40 | — | 10–22 | — | 8–19 | 6–14 | Закалка 870–890°С, масло. Отпуск 630–670°С. |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------|-----------------|---|-----------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1486–1495 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 0,9$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{у.р} = 1,1$ |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | $K_{т.у} = 0,7$ | Склонность к образованию усадочной пористости | $K_{у.п} = 1,0$ |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | В отожженном состоянии 174–183 НВ и $\sigma_b = 520$ Н/мм ² $K_v = 0,9$ (твердый сплав), $K_v = 0,7$ (быстрорежущая сталь) | Мало чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Мало склонна |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|----------------------------------|---------|---------|-----------|--------|----|--------|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 15Г2ХФЛ | | Отливки — ТУ 24.11045–98. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов¹, %, по ТУ 24.11045–98 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,13–0,16 | 0,20–0,50 | 0,90–1,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 0,20–0,80 | ≤ 0,30 | — | ≤ 0,30 | 0,05–0,10 | 730 | 830 | 680 | 760 |
| ¹ По расчету вводится не более: Се – 0,06%, Са – 0,02%, Zr – 0,10% и Al – 0,06%. | | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
|----------------|----------------------|-----------------|-------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|---------------|-------------------------|-------|-------|---|-----|---------|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 24.11045–98 | Отжиг | 1000 | Печь | До 100 | не менее | | | | | | | — | — | | | |
| | Нормализация | 920–950 | Воздух | | Не определяются | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 620–650 | Печь или воздух | | 260 | 450 | 15 | 35 | 50 | — | — | | | | | |
| ДЦ | Отпуск | 650 | Печь или воздух | φ ² 1515 | Центробежно-литая заготовка | | | | | | | — | 126 | | | |
| | | | | | Плавка ЭГ 116 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Нормализация | 920–950 | Воздух | 260–270 | 450–460 | 28–31 | 67–69 | | | 322–368 | | |
| | | | | | | | | Плавка ЭГ 264 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 279 | 482–505 | 26–30 | 62–72 | | | 139–192 | | |
| Отпуск | 620–650 | Печь или воздух | длина 5100 | — | — | — | — | — | 137 | | | | | | | |

² Наружный диаметр.

Назначение. Грудные, ведущие, сеткоповоротные, сетконаправляющие валы сеточной части; сетководущие, сукноведущие валы прессовой части и сукнопровальные валки сушильной части бумагоделательных машин.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Среда | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | |
|--|-----------------|-----------------|--------|---|---|------|------|-------|----------------|--|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | | – 50 |
| 205 | — | 10 ⁷ | Воздух | 90–115 | — | — | — | 21–28 | — | Отжиг 1000°С, печь. Нормализация 950°С, воздух. Нормализация 820°С, воздух. Отпуск 620°С, воздух |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------|-------------------------|---|------------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1450–1475 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 1,14 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,2 |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 1,1 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 1,0 |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|--|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | В нормализованном и отпущенном состоянии при σ _B = 460 Н/мм ² K _v = 1,65 (твердый сплав), K _v = 1,38 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------------------------------------|-------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|---|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 110Г13ХМЛ | | Отливки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 1,00–1,50 | ≤ 1,00 | 10,0–15,0 | ≤ 0,050 | ≤ 0,100 | 0,80–1,20 | ≤ 0,50 | 0,40–1,00 | — | ≤ 0,30 | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ДЦ | Закалка | 1100–1150 | Вода | — | По согласованию | | | | | — | ≤ 220 | | |
| <p>Назначение. Детали, работающие на износ в условиях ударных нагрузок и высоких удельных давлений: корпуса и броневутерованные плиты дробилок и шаровых мельниц. Зубья и передние стенки ковша экскаватора, черпаки. Козырьки и полувтулки драг. Звенья гусениц тракторов и экскаваторов, малые конусы загрузочных устройств доменных печей и другие детали.</p> <p>Сталь коррозионно-стойкая ферритного класса.</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | +20 | 0 | -20 | -30 | -40 | -50 | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1350–1390 | | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 0,8 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | K _{у.р} = 1,7 | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,6–2,7 | | Показатель трещиностойкости | | K _{т.у} = 0,4 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | K _{у.п} = 2,5 | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В закаленном состоянии при 229 HB K _v = 0,25 (твердый сплав) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|------------------------|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 130Г14ХМФАЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 1,20–1,40 | ≤ 0,60 | 12,50–15,00 | ≤ 0,050 | ≤ 0,070 | 1,00–1,50 | ≤ 1,00 | 0,20–0,30 | 0,08–0,12 | 0,025–0,050 | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Закалка | 1120–1150 | Вода | До 100 | 441 | 883 | 50 | 40 | 245 | — | ≤ 220 | | |
| <p>Назначение. Детали, работающие на износ в условиях ударных нагрузок и высоких удельных давлений: корпуса и броневутерованные плиты дробилок и шаровых мельниц, зубья и передние стенки ковша экскаватора, черпаки, козырьки и полувтулки драг, звенья гусениц тракторов и экскаваторов, малые конусы загрузочных устройств доменных печей и другие детали.</p> <p>Сталь коррозионно-стойкая ферритного класса.</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | +20 | 0 | -20 | -30 | -40 | -50 | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала за твердения стали, °С | | 1360 – 1380 | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 0,8 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | K _{у.р} = 1,7 | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,6 – 2,7 | Показатель трещиностойчивости | | K _{т.у} = 0,4 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | K _{у.п} = 2,5 | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В закаленном состоянии при 229 HB K _v = 0,25 (твердый сплав) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|----|---|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 35ХНЛ | | Отливки — ТУ 24-1-12-181-75. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 24-1-12-181-75 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | B | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,30–0,38 | 0,20–0,42 | 0,40–0,90 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 0,50–0,80 | 0,70–0,90 | — | — | ≤ 0,30 | 708 | 754 | — | — | 340 |
| ¹ Температура нагрева 845°С. | | | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ | | | | | |
|-------------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|---------|----------|--|--|--|--|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 24-1-12-181-75 | Закалка | 860–880 | Вода | < 100 | 490 | 686 | 12 | 25 | 39 | — | 207–269 | | | | | |
| | Отпуск | 580–630 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 920 | Воздух | — | 450 | 680 | 19 | 29 | 55 | — | — | | | | | |

Назначение. Шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса и др.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|-----------------|----------------|---|---|-------|-------|-------|------|---------------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | |
| 470 | — | 10 ⁵ | | 39–108 | — | 26–64 | 22–56 | 15–46 | — | Закалка 860–880°С. |
| 328 | — | 10 ⁶ | | | | | | | | Отпуск 580–630°С. |
| 314 | — | 10 ⁷ | | | | | | | | Нормализация 920°С. |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-----------|-----------------------------|------------------------|---|------------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1550–1580 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,3 |
| Линейная усадка, % | 2,2 | Показатель трещиностойкости | K _{т.у} = 1,3 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 1,0 |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием] | Флокочувствительность |
|---|--|----------------------------------|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | После закалки и отпуска при 217–269 НВ и σ _в = 690–900 Н/мм ² K _v = 0,72 (твердый сплав), K _v = 0,63 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------------------|---------|---------|-----------|-----------|----|---|----|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 40ХНЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,35–0,45 | 0,20–0,50 | 0,40–0,90 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 0,50–0,80 | 1,00–1,50 | — | — | — | 708 | 754 | — | — | 340 |
| ¹ Температура нагрева 845°С. | | | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
|-------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------------------|---|---|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 860–900 | Воздух | До 100 | не менее | | | | | — | 207–269 ² | | |
| | Отпуск | 550–650 | Воздух | | Не определяются | | | | | | | | |
| | Закалка | 830–870 | Масло | | 481 | 672 | 12 | 25 | 38 | | | — | — |
| | Отпуск | 550–650 | Воздух | | | | | | | | | | |

² Данные ЦНИИТМАШ.**Назначение.** Шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса и др.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСВ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка |
|--|-------------|-----------------|---|---|---|-------|-------|-------|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | |
| 470 | — | 10 ⁵ | Закалка 830–870°С. Отпуск 550–650°С. | 38–108 | — | 27–60 | 22–50 | 15–30 | — |
| 328 | — | 10 ⁶ | | | | | | | |
| 314 | — | 10 ⁷ | | | | | | | |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------|-----------------|---|-----------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1550–1580 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 0,9$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{у.р} = 1,3$ |
| Линейная усадка, % | 2,2 | Показатель трещиностойчивости | $K_{т.у} = 1,3$ | Склонность к образованию усадочной пористости | $K_{у.п} = 1,0$ |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | После закалки и отпуска при 217–269 НВ и $\sigma_b = 690–900$ Н/мм ² $K_v = 0,65$ (твердый сплав), $K_v = 0,5$ (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Склонна |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|----|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 30ХНМЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ | |
| 0,25–0,35 | 0,20–0,40 | 0,40–0,90 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 1,30–1,60 | 1,30–1,60 | 0,20–0,30 | — | 730 | 770 | — | — | 340 | |
| ¹ Температура нагрева 850°С. | | | | | | | | | | | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|-------------|--|---------|--------------------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 860–880 | Воздух | — | 540 | 687 | 12 | 20 | 29 | — | — |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | |
| | Закалка | 860–870 | Масло | — | 638 | 785 | 10 | 20 | 39 | — | — |
| | Отпуск | 600–650 | Воздух | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | 820–840 | С печью | До 100 | 686 | 784 | 10 | 20 | 39 | — | — |
| | Закалка | 840–860 | Вода | | | | | | | | |
| | Отпуск | 580–600 | Вода | | | | | | | | |
| | Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и низкий отпуск | | Вода, водный раствор глицерина | | | | | | | | |

Назначение. Зубчатые венцы, зубчатые колеса и другие сильно нагруженные детали. Ответственные нагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и достаточной вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок при температуре до 400°С.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------|------------------------|---|------------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1480–1493 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,3 |
| Линейная усадка, % | 2,1–2,2 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 1,3 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 1,0 |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | В закаленном и отпущенном состоянии при 217–269 НВ и σ _в = 690–900 Н/мм ² K _в = 0,7 (твердый сплав), K _в = 0,65 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Мало склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------------------------------------|-------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 150ХНМЛ | | Отливки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 1,40–1,60 | 0,25–0,50 | 0,50–0,80 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 0,90–1,25 | 0,80–1,20 | 0,10–0,30 | — | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Нормализация | 1030–1070 | Воздух | До 300 | Не определяются | | | | | | 40–55 | — | |
| | Нормализация | 810–830 | Воздух | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 580–620 | С печью | | | | | | | | | | |
| | Нормализация | 1030–1070 | Воздух | До 300 | Не определяются | | | | | | — | 241–277 | |
| | Нормализация | 810–830 | Воздух | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 460–500 | С печью | | | | | | | | | | |
| Отпуск | 580–620 | С печью | До 800 | — | | | | | | 363–444 | | | |
| Назначение. Бандажки составных опорных валков всех размеров листовых станов горячей прокатки металла. Валки для среднесортных станов (241–277 HB), валки для непрерывно-заготовочных и штрипсовых станов (262–293 HB) и валки для проволочных станов (363–444 HB). | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при температуре, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | +20 | 0 | -20 | -30 | -40 | -50 | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | — | | Жидкотекучесть | | — | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | — | | |
| Линейная усадка, % | | — | | Показатель трещиностойчивости | | — | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | — | | |
| Свариваемость | | | | Обработываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 241–277 HB K _v = 0,57 (твердый сплав) | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--------------------------|---|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|--|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 27ХН2МФЛ | | Отливки — ГОСТ 21357–87. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 21357–87 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,23–0,30 | 0,20–0,42 | 0,60–0,90 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 0,80–1,20 | 1,65–2,00 | 0,30–0,50 | ≤ 0,30 | 0,08–0,15 | 680 | 800 | — | — | 325 |
| ¹ Температура нагрева 830°С. | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU ₋₆₀ , Дж/см ² | KCV ₋₆₀ , Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | | | | |
| ГОСТ 21357–87 | Закалка | 880–920 | Вода | До 100 | 800 | 1000 | 10 | 22 | 30 | 20 | ≤ 265 | | | |
| | Отпуск | 570–590 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Цельнолитые зубья и элементы их крепления (скобы, клинья) одноковшовых экскаваторов. | | | | | | | | | | | | | | |
| Применяют как износостойкую сталь. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | | | |
| — | — | — | 70 | 66 | 62 | — | 55 | 42 | Закалка с 900–920°С, вода, отпуск при 600°С. | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1490–1505 | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 0,9 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | K _{у.р} = 1,3 | | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,1–2,2 | Показатель трещиностойкости | | K _{т.у} = 1,3 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | K _{у.п} = 1,0 | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | В закаленном и отпущенном состоянии при ≤ 265 НВ и σ _b = 1000 Н/мм ² K _v = 0,50 (твердый сплав) | | | | | Чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Мало склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|---|------------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 35XH2MЛ | | Отливки — ТУ 24-1-12-181-75. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 24-1-12-181-75 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,30–0,40 | 0,25–0,45 | 0,60–0,90 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 0,50–0,80 | 1,30–1,70 | 0,20–0,30 | 730 | 770 | — | — | 320–350 |
| ¹ Температура нагрева 850°С. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ТУ 24-1-12-181-75 | Закалка | 840–860 | Вода | До 100 | 690 | 780 | 10 | 20 | 39 | — | 229–285 | |
| | Отпуск | 580–600 | Вода | | | | | | | | | |
| | Поверхностная закалка ТВЧ и низкий отпуск | | | Вода, водный раствор глицерина | До 100 | Не определяются | | | | | Поверхности 38–55 | — |
| Назначение. Зубчатые венцы, зубчатые колеса и другие сильно нагруженные детали. | | | | | | | | | | | | |
| Сталь имеет повышенную склонность к камневидному излому и трещинам. | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1480–1493 | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 0,9 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | K _{у.р} = 1,3 | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,1 | Показатель трещиностойчивости | | K _{т.у} = 1,3 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | K _{у.п} = 1,0 | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | После отпуска при 210–230 НВ и σ _B = 650 Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав) | | | | Чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | Мало склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------------------------------------|---|---|---|--------------------------------|--------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|--------|----|---|-----|
| 15X2M2ФБСЛ (П 3Л) | | Отливки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Nb | Ti | Al | Cu | | | |
| 0,13–0,18 | 0,70–1,00 | 0,50–0,80 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 1,80–2,30 | ≤ 0,30 | 1,20–1,50 | 0,25–0,40 | 0,08–0,15 | — | — | ≤ 0,30 | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | 1080–1100 3–6 ч | Охлаждение с печью до 300–500°C, далее на воздухе | — | 400 | 600 | 14 | 22 | 10 | — | 215 | | | | |
| | Нормализация | 1080–1100 1,5–3 ч | Охлаждение на воздухе со скоростью 400°C/ч | | | | | | | | | 35 | 10 | — | 255 |
| | Отпуск | 730–740 5 ч | Охлаждение с печью | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Корпусы, клапаны и другие детали турбин, работающие при температуре до 580°C. Сталь теплоустойчивая перлитного класса. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость | | | | | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | | | База испытаний, ч | | | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Время, ч | t, °C | KCU, Дж/см ² | | | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 10–80 | | | | | | | | | | | | | |
| 2000 | 600 | 20–120 | | | | | | | | | | | | | |
| 4000 | 630 | 80–90 | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °C | | 1490–1510 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной раковины | | | | $K_{у.р} = 1,2$ | | | | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,1–2,2 | Показатель трещиностойчивости | $K_{т.у} = 0,9$ | Склонность к образованию усадочной пористости | | | | $K_{у.п} = 0,55$ | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способ сварки: РД (электродами ЦЛ–26М). Необходимы подогрев и последующая термообработка. | | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 364 HB и $\sigma_b = 730$ Н/мм ² $K_v = 0,60$ (твердый сплав), $K_v = 0,15$ (быстрорежущая сталь) | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | | |
| | | | | | | | | 720–810 | > 1000 | ~ 500 | ~ 830 | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|---|---------|---------|-----------|-----------|--------|--------|---------|-------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 14X2ГМРЛ | | Отливки — ГОСТ 21357–87, ТУ 24–1–12–181–75. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | НД | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Mo | Ni | Cu | B | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,10–0,17 | 0,20–0,42 | 0,90–1,20 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 1,40–1,70 | 0,45–0,55 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,004 | ГОСТ 21357–87 | 720–750 | 780–820 | — | — |
| 0,10–0,17 | 0,20–0,42 | 0,90–1,20 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 1,40–1,70 | 0,45–0,55 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,006 | ТУ 24–1–12–181–75 | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV ₋₆₀ , Дж/см ² | НВ | |
|-------------------|----------------------|---------|-------------------|---------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|---|---------|-------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 21357–87 | Закалка | 920–930 | Вода или масло | — | 600 | 700 | 14 | 25 | 49 ¹ | 29 | — | |
| | Отпуск | 630–650 | Воздух | | | | | | | | | |
| ТУ 24–1–12–181–75 | Нормализация | 940–950 | Воздух | До 100 | 590 | 690 | 14 | 25 | 49 | — | 217–241 | |
| | Закалка | 920–980 | Вода | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 610–640 | Воздух | | | | | | | | | |
| ДЦ | Нормализация | 930 | Воздух | Рама 30–60 | 590 | 710 | 17 | 50 | 134 | — | — | |
| | Закалка | 930 | Вода | 100 | 650 | 740 | 17 | 60 | 127 | — | — | |
| | Отпуск | 640 | Воздух | 140 | 640 | 720 | 14 | 25 | 121 | — | — | |
| | Отжиг | 940 | 5 ч | — | — | 410 | 630 | 16 | 26 | 32 | — | ≥ 196 |
| | | | | 10 ч | — | 370 | 600 | 18 | 33 | 32 | — | ≥ 179 |

¹ KCU при минус 60°С.**Назначение.** Тяжело нагруженные литые и сварно-литые детали больших сечений карьерных и шагающих экскаваторов.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Сечение, мм | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------|-------------|---|---|-------|-------|------|---|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 40 | – 50 | – 60 | |
| — | — | — | — | 117–196 | — | 39–78 | 29–49 | — | Нормализация 930°С, закалка 930°С, вода, отпуск 640°С |
| — | — | — | 30–60 | 134 | — | 93 | — | 61 | |
| — | — | — | 100 | 127 | — | 43 | — | 33 | |
| — | — | — | 140 | 121 | — | 61 | — | 53 | |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-----------|-----------------------------|---|---|---|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1510–1515 | Жидкотекучесть | — | Склонность к образованию усадочной раковины | — |
| Линейная усадка, % | 2,4–2,5 | Показатель трещиностойкости | — | Склонность к образованию усадочной пористости | — |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | В нормализованном и закаленном состоянии при 217–241 НВ и σ _b = 700 Н/мм ² K _v = 0,75 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | Чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Мало склонна |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------------------|--------|--------|-----------|--------|-------------|----|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 110Г13Х2БРЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | B | Cu | Nb | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,90–1,50 | 0,30–1,00 | 11,50–14,50 | ≤ 0,05 | ≤ 0,12 | 1,00–2,00 | ≤ 0,50 | 0,001–0,006 | — | 0,08–0,12 | — | — | — | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Закалка | 1050–1100 | Вода | До 100 | 491 | — | 22 | 30 | 196 | — | — |

Назначение. Спецпродукция (высокое сопротивление износу при одновременном воздействии высоких давлений или ударных нагрузок). Корпусы вихревых и шаровых мельниц, щеки дробилок, трамвайные и железнодорожные стрелки и крестовины, гусеничные траки, звездочки, зубья ковшей экскаваторов.

Сталь имеет высокую хладостойкость, высокую стойкость против абразивного изнашивания.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при температуре, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|-------------|-------------------------------|-----------------|---|-----------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1350 – 1380 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 0,8$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{у.р} = 1,7$ |
| Линейная усадка, % | 2,6–2,7 | Показатель трещиностойчивости | $K_{т.у} = 0,4$ | Склонность к образованию усадочной пористости | $K_{у.п} = 2,5$ |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Не применяется для сварных конструкций. | В закаленном состоянии при ≤ 220 HB $K_v = 0,25$ (твердый сплав) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--------------------------|---|---|---|------------------------------------|-----------|----------------------------------|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 25X2НМЛ | | Отливки — ГОСТ 21357–87. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 21357–87 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ | |
| 0,22–0,30 | 0,20–0,40 | 0,50–0,80 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 1,60–1,90 | 0,60–0,90 | 0,20–0,30 | ≤ 0,30 | 720 | 800 | — | — | 320 | |
| ¹ Температура нагрева 860°С. | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU ₋₆₀ , Дж/см ² | KCV ₋₆₀ , Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | | | | |
| ГОСТ 21357–87 | Отжиг | 850–870 | С печью | — | Не определяются | | | | | | | — | | |
| | Закалка | 860–880 | Вода | До 100 | 700 | 800 | 12 | 25 | 30 | 25 | — | | | |
| | Отпуск | 580–600 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Литые детали, работающие при температуре до – 70°С (ответственные сварно-литые конструкции больших сечений карьерных и шагающих экскаваторов). | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Место вырезки образцов из отливки толщиной до 300 мм | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 70 | | | | | |
| — | — | — | Поверхность | 75 | — | — | — | 53 | — | Закалка с 860–880°С, вода и отпуск при 580–600°С, воздух. | | | | |
| | | | Центр | 70 | — | — | — | 41 | — | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1475–1485 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной раковины | | | | K _{у.р} = 1,3 | | | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,1–2,2 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 1,3 | Склонность к образованию усадочной пористости | | | | K _{у.п} = 1,0 | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | В состоянии закалки и отпуска при σ _b = 800 Н/мм ² K _v = 0,63 (твердый сплав), K _v = 0,36 (быстрорежущая сталь) | | | | | Мало чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Мало склонна | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------------------|---------|---------|-----------|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | |
| 20X5МЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Mo | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,15–0,25 | 0,35–0,70 | 0,40–0,60 | ≤ 0,040 | ≤ 0,040 | 4,00–6,50 | 0,40–0,65 | 800 | 850 | 715 | 775 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|----------|--|--|--|--|--|--|--|
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Отжиг | 940–960 | Печь | До 100 | 392 | 589 | 16 | 30 | 39 | — | — | | | | | | | | |
| | Нормализация | 940–960 | Воздух | | | | | | | | | не менее | | | | | | | |
| | Отпуск | 680–720 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | |

Назначение. Фланцы, патрубки, детали трубопроводов, арматура, насосы печные и другие детали, работающие при температуре от минус 40°С до плюс 550°С под давлением в серосодержащих средах.

Жаростойкая сталь мартенситного класса.

| | | | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------|--|-------|-------|-------|-------|------|---|
| Предел выносливости, Н/мм² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см², при t, °С [1] | | | | | | Термообработка |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | - 10 | - 25 | - 40 | - 60 | |
| — | — | — | 38–67 | 30–35 | 25–30 | 14–22 | 11–19 | — | Отжиг 950°С, печь. Закалка 920°С, масло. Отпуск 660°С, воздух |

| | | | | | | |
|---|-------|-------------------------|--|-------|---------------------------|-------------------|
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч | | | Жаростойкость [1] | | | |
| — | | | Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | Жаростойкая в горячих нефтяных средах, содержащих сернистые соединения. Жаростойкость до 600°С | | | |
| Время, ч | t, °С | KCU, Дж/см ² | | | | |
| Исходное состояние | | — | | | | |
| — | — | — | | | | |

| | | |
|---|--|---|
| Технологические характеристики [1] | | |
| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы предварительный подогрев и последующая термообработка | В закаленном и отпущенном состоянии при 195–240 HB и σ _в = 600 Н/мм ² K _v = 0,45 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------------------------------------|--|-------------|--------------------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|
| 15X6СМТЛ (X6СМТЛ) | | Отливки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Mo | Ti | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,12–0,19 | 1,20–1,70 | ≤ 0,70 | ≤ 0,030 | ≤ 0,035 | 5,00–6,50 | 0,45–0,60 | 0,08 (по расчету) | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | 850–870 | Печь, воздух | 100 | 348 | 545 | 15 | 30 | — | — | — |
| Назначение. Детали, работающие под нагрузкой при температуре до 750°С: подколосниковые балки тележек обжиговых машин. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | — | Жидкотекучесть | | — | Склонность к образованию усадочной раковины | | | — | | |
| Линейная усадка, % | | — | Показатель трещиностойчивости | | — | Склонность к образованию усадочной пористости | | | — | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | В термообработанном состоянии при σ _n = 540 Н/мм ² K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 0,37 (быстрорежущая сталь) | | | | — | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | — | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------------------|---------|---------|----------|----|----|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
| 40X9C2Л | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,35–0,50 | 2,00–3,00 | 0,30–0,70 | ≤ 0,030 | ≤ 0,035 | 8,0–10,0 | — | — | 900 | 920 | 810 | 970 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | |
|-------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------------------------------------|----|----------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 977–88 | Без термообработки | | | До 100 | Не нормируются | | | | | | — | — |
| ДЦ | Закалка | 1040–1060 | Воздух | — | 560 | 700 | — | — | — | — | — | |
| | Отпуск | 620–640 | Воздух | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | Закалка ТВЧ | — | — | 12–20 | 700 | — | 12 | — | — | Поверхности 40–50 Сердцевины 27–34 | — | |

Назначение. Клапаны выпуска дизельных моторов, трубки рекуператоров, теплообменники, колосники, литые детали печей нефтезаводов при температуре до 700°С, крепежные детали и др.

Сталь жаростойкая до 800°С и жаропрочная до 700°С мартенситного класса.

| Предел ползучести, Н/мм ² | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--------------------------------------|----|---|---|------|------|------|------|----------------|
| $\sigma_{1-10^{-7}}^{500}$ | 95 | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| $\sigma_{1-10^{-7}}^{600}$ | 20 | — | — | — | — | — | — | |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|---|-------------------------------|---|---|---|
| Температура начала затвердевания стали, °С | — | Жидкотекучесть | — | Склонность к образованию усадочной раковины | — |
| Линейная усадка, % | — | Показатель трещиностойчивости | — | Склонность к образованию усадочной пористости | — |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|--|---|
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. | Без термообработки K _v = 1,6 (твердый сплав) | — |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | — |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали 15X11МФБЛ (1X11МФБЛ, X11ЛА) | | Вид поставки Отливки — ОСТ 108.961.04–80. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.961.04–80 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | Nb | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,13–0,20 | ≤ 0,55 | 0,60–1,00 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 10,0–12,0 | 0,50–0,90 | 0,80–1,05 | 0,20–0,30 | 0,10–0,25 | ≤ 0,30 | 810–830 | 875–900 | — | — |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------|--------------------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04–80 | Отжиг | 710–730 | С печью до 200°С, далее воздух | — | 471 | 608 | 13 | 35 | 29 | — | 192–248 |
| | Нормализация | 1130–1150 | Воздух | | | | | | | | |
| | Нормализация | 1040–1060 | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 750–770 | Воздух | | | | | | | | |

Для крупных поковок применяется принудительное воздушное или воздушно-водяное охлаждение.

Рекомендуется при σ_{0,2} > 550 Н/мм² производить доотпуск.

Назначение. Литые детали турбин (сопла, цилиндры, диафрагмы) и арматура, работающие при температуре 580–600°С.

Сталь жаропрочная мартенситно-ферритного класса.

| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [51] | Отжиг | 880–900 | Воздух | — | 20 | 461–519 | 617–706 | 13–25 | 17–64 | 17–108 | — |
| | Нормализация | 1130–1150 | Воздух | | 200 | 421–451 | 578–688 | 18–22 | 49–61 | 49–106 | — |
| | Нормализация | 1040–1050 | Воздух | | 300 | 441–480 | 559–578 | 14 | 411 | 54–137 | — |
| | | | | | 400 | 372–412 | 510–549 | 13–18 | 51–61 | 78–137 | — |
| | | | | | 550 | 304–372 | 382–441 | 5–27 | 17–70 | 98–147 | — |
| | | | | | 575 | 294–314 | 333–431 | 22–28 | 64–80 | — | — |
| | | | | | 600 | 284–323 | 314–392 | 20–27 | 56–84 | 88–157 | — |
| | | | | | 650 | 225–294 | 245–323 | 20–29 | 65–84 | — | — |
| | | | | | 700 | 157–167 | 176–196 | 26–27 | 89 | 108–157 | — |

| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | |
|--|-------|---|-------------------|-------------------|-------------------|--|-------------------|
| НД | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 2·10 ⁵ | 3·10 ⁵ | 4·10 ⁵ | 1/10 ⁵ |
| [36] | 580 | — | 120 | — | — | — | 60 |
| | 585 | — | 120 | — | — | — | 70 |
| | 600 | — | 80 | — | — | — | 50 |
| | 610 | — | 80 | — | — | — | 60 |
| [51] | 565 | 125 | 105 | 98 | 95 | 92 | — |
| | 580 | 115 | 95 | 90 | 88 | 85 | — |
| | 600 | 100 | 55 | — | — | — | — |

| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | Жаростойкость [36] | | | |
|---|-------|-------------------------|---|-------|---------------------------|-------------------|
| Время, ч | t, °С | KCU, Дж/см ² | Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч |
| Исходное состояние | | 29 | Пар | 580 | 0,08 | — |
| 10000 | 600 | 30–130 | Увлажненный воздух (15% H ₂ O) | 580 | 0,08 | — |
| 10000 | 650 | 36–125 | | 600 | 0,11 | — |

| Технологические характеристики | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------|------------------------|---|------------------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1484–1494 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 1,0 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,1 |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 0,5 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 0,5 |

| Свариваемость | Обработываемость резанием |
|--|--|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Сталь сваривается электродами близкого к основному металлу состава. Необходимы предварительный и сопутствующий подогревы до температуры 300–350°С, последующая термообработка (отпуск при 680–700°С) | В состоянии нормализации при 207–240 HB и σ _в ≥ 650 Н/мм ² K _в = 0,55 (твердый сплав), K _в = 0,3 (быстрорежущая сталь) |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|--|---|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------|
| 10X12НДЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88, ТУ 26–06–166–82, ТУ 108.11.158–86, ТУ 108–976–80, ТУ 108–977–80, ТУ 108–978–80. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| ≤ 0,10 | 0,17–0,40 | 0,20–0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 12,0–13,0 | 1,00–1,50 | 0,80–1,10 | 690–720 | 810–850 | — | — | 300–350 | 120–150 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 940–960 | Воздух | — | Не определяются | | | | | | — | | |
| | Закалка | 950–1050 | Охлаждение со скоростью 30°С/ч | До 350 | 441 | 638 | 14 | 30 | 29 | 27 | 179–255 [1] | | |
| | Отпуск | 650–680 | Печь или воздух | | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.158–86 | Состояние поставки | | | От 100 до 800 | 490–735 | 588 | 14 | 30 | 49 | — | 187–275 | | |
| Назначение. Элементы сварно-литых рабочих колес радиально-осевых гидротурбин, лопасти для поворотно-лопастных гидротурбин и отливки для деталей гидротурбин, отсасывающие валы бумагоделательных машин. Сталь коррозионно-стойкая мартенситно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Среды испытания | Состояние стали | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | |
| 270 | — | 10 ⁷ | Воздух | σ _{0,2} = 450 Н/мм ² , σ _b = 650 Н/мм ² | 110 | — | 90 | 63 | — | — | Закалка 950°С. Отпуск 690°С | | |
| 230 | — | 10 ⁷ | Вода | | | | | | | | | | |
| Гидроабразивная стойкость (по сравнению со сталью марки 25) | | | | | Кавитационная стойкость ¹ | | | | | | | | |
| Коэффициент износостойкости при абразивном износе, Σ | Коэффициент износостойкости при гидроабразивном износе, Σ _r | Время, ч | Состояние стали | | Амплитуда колебаний, мм | Частота колебаний, Гц | Время испытаний, ч | Потери веса, мг | | | | | |
| 3,2 | — | 24 | — | | 0,07 | 8100 | 3 | 59,5 | | | | | |
| — | 10,2 | 720 | При условии коррозии и гидроабразивного воздействия | | ¹ Испытания на магнитострикционном вибраторе. | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 66, 67, 69, 71] | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1485–1491 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,1 | | | | | | | | |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойкости | K _{т.у} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 0,5 | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и АФ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 170–255 НВ и σ _b = 638 Н/мм ² K _v = 0,75 (твердый сплав) | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | Не склонна | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|-------------------------|---|--|---------------------------------------|-----------------------------------|--|----------------------|----------------------------|------------------------|----|
| 20X12ВНМФЛ (15X12ВНМФЛ, X11ЛБ, ЭИ 802Л) | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Al |
| 0,17– 0,23 | 0,20– 0,60 | 0,50– 0,90 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 10,50– 12,50 | 0,50– 0,90 | 0,50– 0,70 | 0,15– 0,30 | 0,70– 1,10 | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Отжиг, отпуск | 710–730 (10–15 ч) | С печью до 200°C | До 100 | 491 | 589 | 15 | 30 | 29 | — | — |
| | Двойная | 1100 | Со скоростью 300 °C/ч, обдувка воздухом | | | | | | | | |
| | нормализация ¹ | 1050 | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 710–730 (10–15 ч) | С печью до 200°C | | | | | | | | |
| ¹ Мелкие отливки (толщина стенки до 5 мм) могут подвергаться одной нормализации при температуре 1070–1090°C. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Цилиндры, сопла, диафрагмы и другие детали арматуры, работающие при температуре до 580–600°C. | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая, жаропрочная при температуре до 650°C. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость | | | | | | | |
| | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | | База испытаний, ч | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | Водяной пар | 565 580 | 0,03–0,07 0,05–0,08 | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 29 | | | | | | | | | |
| 20000 | 565 | 70 | | | | | | | | | |
| 20000 | 600 | 70 | | Увлажненный воздух (15% H ₂ O) | 580 600 | 0,025–0,030 0,045–0,120 | | | | | |
| 3000 | 650 | 70 | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °C | | 1483–1497 | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 1,0 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | K _{у.р} = 1,1 | |
| Линейная усадка, % | | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | | K _{т.у} = 0,5 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | K _{у.п} = 0,5 | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | |
| Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы предварительный и сопутствующий подогревы и последующая термообработка. | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 239 HB K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,3 (быстрорежущая сталь) | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| | | | | | | | 810– 820 | 880– 890 | — | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|---------|--------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 06X12H3ДЛ | | Отливки — ОСТ 108.910.04–84, ТУ 108.11.158–86, ТУ 108.11.670–82, ТУ 108–923–80, ТУ 108–976–80, ТУ 108–977–80, ТУ 108–978–80, ТУ 108.1024–83, РД 24.035.101–88. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % по ТУ 108–978–80, ТУ 108.11.670–82, ТУ 108.1024–83 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| ≤ 0,06 | ≤ 0,30 | ≤ 0,60 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 12,0–13,5 | 2,80–3,20 | 0,80–1,10 | 620–650 | 780–810 | — | — | 230–290 | 80–120 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|-------------------------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108–923–80 | Нормализация | 950–970 | Воздух | — | 490–686 | 686 | 14 | 30 | 49 | — | 187–255 |
| | Нормализация | 780–800 | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 600–620 | Воздух, с печью | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108–976–80 | В термически обработанном состоянии | | | До 450 | 550 | 700 | 14 | 30 | 40 | — | 187–275 |

Примечание.

Сдаточными характеристиками являются: предел текучести ($\sigma_{0,2}$), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (KCV), определяемая на образцах типа 11.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108–977–80 | Нормализация | 950–970 | Воздух | До 450 | 550 | 700 | 14 | 30 | 40 | — | 187–275 |
| | Нормализация | 780–800 | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 600–620 | Воздух, с печью | | | | | | | | |

Примечание.

Сдаточными характеристиками являются: предел текучести ($\sigma_{0,2}$), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (KCV).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108–978–80 | Нормализация | 950–970 | Воздух | До 450 | 550 | 700 | 12 | 30 | 40 | — | 187–275 |
| | Нормализация | 780–800 | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 600–620 | Воздух, с печью | | | | | | | | |

Примечания.

- Сдаточными характеристиками являются: предел текучести ($\sigma_{0,2}$), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (KCV).
- Остальные показатели определяются и заносятся в сертификат.
- По соглашению Поставщика и Заказчика допускается установление в качестве сдаточного показателя относительное сужение (ψ) вместо относительного удлинения (δ).

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------------|----------------------|---------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.1024–83 | Нормализация | 950–970 | Воздух | — | 20 | 490 | 637 | 12 | 35 | 49 | — | — |
| | Нормализация | 780–800 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 600–620 | Воздух, с печью | | | | | | | | | |
| Технологические отпуска | | | | 350 | 441 | 510 | 10 | 40 | — | — | — | — |

Примечания.

- Механические свойства, оговоренные в таблице, указаны после основной термической обработки с учетом дополнительных технологических отпусков.
 - Разрешается производить технологические отпуска проб в отдельной садке за один цикл, с общим временем при температуре выдержки не менее 80% от времени суммарной выдержки, которой должны подвергаться детали в процессе изготовления. Общая длительность выдержки при технологических отпусках не более 41 ч (пять промежуточных отпусков при температуре $620 \pm 10^\circ\text{C}$ длительностью 20–25 часов плюс два окончательных отпуска при температуре $640 \pm 10^\circ\text{C}$ длительностью 13–16 часов).
- Технологические нагревы до температуры не более 450°C не учитываются. При подсчете общей длительности отпусков должно учитываться только время выдержки при температуре отпуска.

06X12H3ДЛ

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------------|---|-------|----------------------|------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|-------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 108.11. 158-86 | Состояние поставки (в термически обработанном состоянии) | | | От 100 до 800 | 539-735 | 637 | 12 | 35 | 49 | — | 197- 293 |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
|----------|-------------------------|---------|----------------------|----------------|-------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [23, 37] | Нормализация | 950-970 | Воздух | — | 20 | 490 | 637 | 12 | 35 | — | — | — |
| | Нормализация | 780-800 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 600-620 | Воздух, с печью | | | | | | | | | |
| | Технологические отпуски | | | | 350 | 441 | 539 | 10 | 40 | — | — | — |

Назначение. Корпусы и другие детали насосов и турбин для АЭС, элементы сварно-литых рабочих колес радиально-осевых гидротурбин, лопасти поворотно-лопастных гидротурбин, отливки для деталей гидротурбин.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 350°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь коррозионно-стойкая мартенситно-аустенитного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Термообработка | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | Термообработка | |
|--|-------------|-----------------|---|---|-----|------|------|------|----------------|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | | - 80 |
| 328 ¹ | — | 10 ⁷ | Основная термообработка и технологические отпуски | 100 | 103 | 75 | 53 | 34 | 34 | Нормализация 960°C. Нормализация 790°C. Отпуск 610°C. Технологические отпуски |
| 250 ² | — | 10 ⁷ | | | | | | | | |

¹ Гладкие образцы.

² Образцы с надрезом.

Коррозионная стойкость [1]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|--|-------|-----------------|---|
| | | | | |
| Общая | Вода [H ₃ BO ₃] — 10 г/кг, [KOH] — 0,02 г/кг pH 8,25 (борированная вода) | 350 | 3000 | 2 |
| | | 280 | 3000 | 2 |
| | | 200 | 3000 | 2 |
| | | 100 | 1000 | 1 |
| | | 20 | 1000 | 1 |
| Точечная | Вода [H ₃ BO ₃] — 10 г/кг, [KOH] — 0,02 г/кг pH 8,25 | 350 | 3000 | Отсутствует |
| | | 280 | 3000 | |
| | | 200 | 3000 | |
| | | 100 | 1000 | |
| | | 20 | 1000 | |
| Коррозионное растрескивание | 42% раствор MgCl ₂ | 154 | 2 | Разрушение при $\sigma \geq \sigma_{0,2}$ |
| | 35% раствор MgCl ₂ | 120 | 5 | Разрушение при $\sigma \geq \sigma_{0,2}$ |
| | 33% раствор MgCl ₂ | 116 | 30 | Разрушение при $\sigma \geq \sigma_{0,2}$ |
| | 31% раствор MgCl ₂ | 110 | 500 | Разрушений нет |
| | Вода — 200 мг/кг Cl ⁻ ; 6,0 – 0,3 мг/кг O ₂ | 350 | 600-1100 | Разрушений нет |
| | Вода [H ₃ BO ₃] — 10г/кг, [KOH] — 0,02 г/кг pH 8,25 (борированная вода) | 350 | 2500 | Разрушений нет |
| Межкристаллитная | Оценка коррозионной стойкости и МКК проводится по инструкции ИЦК 01-99 и ГОСТ 6032-2003. | | | |

Технологические характеристики [1, 37]

| | | | | | |
|---|-----------|-------------------------------|------------------------|---|-------------------------|
| Температура начала за твердевания стали, °C | 1485-1490 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,15 |
| Линейная усадка, % | 2,5-2,55 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 0,5 |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | | Флоксочувствительность | |
|---------------|--|--|----------------------------------|--|
| | Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ | В нормализованном и отпущенном состоянии при 187-255 HB и $\sigma_b = 690$ Н/мм ² K _у = 0,76 (твердый сплав), K _у = 0,5 (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна | |
| | | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| | | Не склонна | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|--|--|--|
| 15X13Л | | Отливки — ГОСТ 977-88, ОСТ 108.961.04-80, ТУ 26-06-166-82. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977-88 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ | | | | |
| ≤ 0,15 | 0,20–0,80 | 0,30–0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 12,0–14,0 | — | — | 870 | 990 | — | — | 340 | | | | |
| Допускаются отклонения по химическому составу: C ± 0,02%; Si ± 0,10%; Mn ± 0,10%; Cr ± 0,50%. | | | | | | | | 1 Температура нагрева 1040°C. | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB [1] | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977-88 | Отжиг | 940–960 | С печью | До 100 | 392 | 540 | 16 | 45 | 49 | — | — | | | | | |
| | Закалка | 1040–1060 | Вода, масло, воздух | | | | | | | | | Не определяются | | | | |
| | Отпуск | 740–760 | Воздух | | | | | | | | | 170–255 | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04-80 | Отжиг | 710–730, 10–15 ч | С печью до 200°C | До 100 | 392 | 540 | 16 | 45 | 49 | — | 170 | | | | | |
| | Закалка | 1030–1050 | Охлажденный воздух, масло | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | Отпуск | 720–750 | Воздух | | | | | | | | | не менее | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Прямо-сдаточными показателями являются: предел текучести (σ _{0,2}), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (KCU). | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Временное сопротивление (σ _b), относительное сужение (ψ) и твердость (HB) не являются прямо-сдаточными показателями, но определяются и заносятся в документ о качестве. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. По требованию согласованного чертежа на отливках для деталей ГТУ, производится определение механических свойств при рабочих повышенных и пониженных температурах. Данные показатели не являются прямо-сдаточными, но заносятся в документ о качестве. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Детали с повышенной пластичностью, подвергающиеся ударным нагрузкам (турбинные лопатки, клапаны гидравлических прессов, арматура крекинг-установок и другие), а также изделия, подвергающиеся действию относительно слабых агрессивных сред (атмосферные осадки, влажный пар, водные растворы солей органических кислот при комнатной температуре). | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая мартенситно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая в атмосферных условиях, в речной и водопроводной воде. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1494–1501 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 1,0 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,0 | | | | | | | | | | | |
| Линейная усадка, % | 2,3–2,4 | Показатель трещиностойкости | K _{т.у} = 0,8 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 1,0 | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ. Подогрев и термообработка применяются в зависимости от вида сварки и назначения конструкции | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 170–255 HB и σ _b = 600 Н/мм ² K _v = 0,92 (твердый сплав), K _v = 0,65 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|-----------|--|---------|---------|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | |
| 20Х13Л | | Отливки — ГОСТ 977–88, ОСТ 108.961.04–80, ТУ 5.961–11100–79. | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn ¹ |
| 0,16–0,25 | 0,20–0,80 | 0,30–0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,030 | 12,0–14,0 | 820 | 860 | — | — | 305 |
| ¹ Температура нагрева 960°С. | | | | | | | | | | |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB [1] |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Отжиг | 940–960 | С печью | До 100 | Не определяются | | | | | — | — |
| | Закалка | 1040–1060 | Масло или воздух | До 100 | 441 | 589 | 16 | 40 | 39 | — | 180–235 |
| | Отпуск | 740–760 | Воздух | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04–80 | Закалка | 1050 | Масло | До 100 | 441 | 589 | 14 | 35 | 29 | — | 201–241 |
| | Отпуск | 750 | Воздух | | | | | | | | |

Примечания.

1. Приемно-сдаточными показателями являются: предел текучести ($\sigma_{0,2}$), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (КCU).
2. Временное сопротивление (σ_B), относительное сужение (ψ) и твердость (HB) не являются приемно-сдаточными показателями, но определяются и заносятся в документ о качестве.
3. По требованию согласованного чертежа на отливках для деталей ГТУ, производится определение механических свойств при рабочих повышенных и пониженных температурах. Данные показатели не являются приемно-сдаточными, но заносятся в документ о качестве.

Назначение. Детали турбин, работающие при температуре до 500°С, рабочие и направляющие лопатки компрессоров, рабочие колеса, арматура крекинг-установок, сегменты сопел, корпуса насосов и др., а также изделия, подвергающиеся действию относительно слабых агрессивных сред.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 300°С (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь коррозионно-стойкая мартенситного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °С [1, 4] | | | | | Термообработка | |
|--|-------------|----------------|--|---|-------|-------|-------|----------------|---|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | – 80 |
| — | — | — | — | — | 34–74 | 30–63 | 10–64 | 6–62 | Нормализация 940–950°С. Отпуск 740–750°С, воздух. Закалка 940–950°С, масло. Отпуск 740–750°С, воздух |

| 20X13Л | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| Механические свойства отливок при повышенных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Нормализация | 940–950 | Воздух | 30 | 100 | 385–455 | 560–630 | 21–23 | 57–61 | — | — |
| | Отпуск | 740–750 | Воздух | | 200 | 355–445 | 520–600 | 18–22 | 55–65 | — | — |
| | Закалка | 940–950 | Масло | | 300 | 360–395 | 510–540 | 17–19 | 51–62 | — | — |
| | Отпуск | 740–750 | Воздух | | 400 | 335–405 | 470–530 | 14–19 | 51–61 | — | — |
| | | | | | 500 | 300–380 | 390–465 | 14–20 | 52–64 | — | — |

| Механические свойства в зависимости от сечения отливок | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------|-------------------|-------------|---------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Место вырезки | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Нормализация | 940–950 | Воздух | 10 | Ц | 390–460 | 610–680 | 22–28 | 51–64 | 63–117 | — |
| | Отпуск | 740–750 | Воздух | 30 | Ц | 415–500 | 620–670 | 18–30 | 61–64 | 123–166 | 196–206 |
| | Закалка | 940–950 | Масло | 50 | Ц | 385–460 | 610–650 | 15–29 | 22–67 | 52–131 | 187–206 |
| | Отпуск | 740–750 | Воздух | 100 | Ц | 430–500 | 630–670 | 22–27 | 45–61 | 64–108 | 187–206 |
| | | | | | К | 440–505 | 630–690 | 21–27 | 40–63 | 77–117 | 187–206 |
| | 200 | Ц | 540–570 | 680–710 | 10–14 | 20–30 | 30–52 | — | | | |
| | | | К | 495–570 | 640–730 | 12–17 | 19–41 | 32–60 | — | | |

Ц — образцы вырезаны из центральной зоны.

К — образцы вырезаны из приповерхностной зоны.

| Технологические характеристики [1] | | | | | |
|---|-----------|--|-----------------|---|-----------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1489–1497 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{y.p} = 0,8$ |
| Линейная усадка, % | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | $K_{т.у} = 0,6$ | Склонность к образованию усадочной пористости | $K_{y.п} = 1,0$ |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокеночувствительность | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ. Подогрев и термообработка применяются в зависимости от вида сварки и назначения конструкции | | В нормализованном и отпущенном состоянии при ≥ 170 НВ и $\sigma_B = 550$ Н/мм ² $K_v = 1,25$ (твердый сплав), $K_v = 0,55$ (быстрорежущая сталь) | | Мало чувствительна | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| | | | | Не склонна | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|---|---|--|--------------------------------------|------------------------------------|---|---|-------------------------|---|-------------------------|-----------------|-----------------|---------|--------|--|--|--|--|
| 10X13H3M1Л | | Отливки — ТУ 24.11045–98. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов ¹ , %, по ТУ 24.11045–98 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Nb | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk | | | | |
| ≤ 0,08 | 0,10–0,40 | 0,20–0,80 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 12,0–13,5 | 2,50–3,50 | 0,60–1,50 | ≤ 0,30 | 0,001–0,040 | 630–665 | 760–830 | — | — | 210–300 | 75–200 | | | | |
| ¹ Вводятся по расчету, не более: Се – 0,08%, Са – 0,02%, Zr – 0,04%, Al – 0,06%. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Промышленная плавка (данные ЦНИИТМАШ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Nb | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk | | | | |
| 0,06 | 0,33 | 0,44 | 0,009 | 0,02 | 12,5 | 3,37 | 1,05 | 0,10 | 0,02 | 675 | 805 | — | — | 300 | 190 | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 24.11045–98 | Отпуск | 590–610 | Печь | 300 | 600 | 750 | 13,5 | 35 | 50 | — | — | | | | | | | | |
| | 1 ^{ая} нормализация | 950–970 | Воздух | | | | | | | | | Не определяются | | | | | | | |
| | 2 ^{ая} нормализация | 780–800 | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 590–610 | Печь или воздух | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Отпуск | 590–610 | Воздух | Вал D _н =1332 D _в =1160 L = 8437 | Продольные образцы | | | | | | | — | 255 | | | | | | |
| | 1 ^{ая} нормализация | 950–970 | Воздух | | 711 | 870 | 16,4 | 48 | 147 | | | | | | | | | | |
| | 2 ^{ая} нормализация | 780–800 | Воздух | | 725 | 873 | 19,2 | 62 | 171 | | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 590–610 | Воздух | | Тангенциальные образцы | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 707 | 862 | 16,0 | 48,4 | 82 | | | | | | | | | | |
| | | | Воздух | 711 | 859 | 17,4 | 62,0 | 172 | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Отсасывающие валы бумагоделательных машин, работающие в агрессивных средах, а также детали нефтегазового и химического оборудования. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая мартенситно-аустенитного класса. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | | | | | | | |
| Общая | | Вода с [NaCl] – 165 мг/кг, [Na ₂ SO ₄] – 350 мг/кг pH 3,5 | | | | 50 | 1000 | 2 | | | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | 50 | 1000 | Отсутствует | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | 50 | 1000 | При σ ≥ σ _{0,2} разрушений нет | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Среда | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 30 | - 40 | - 60 | | | | | | | | | | |
| 450 | — | 10 ⁷ | Воздух | 87–125 | — | 60–90 | — | 32–50 | 30–35 | Отпуск 610°С, 1 ^{ая} нормализация 950°С, 2 ^{ая} нормализация 800°С, отпуск 610°С. | | | | | | | | | |
| 350 | — | 10 ⁸ | Воздух | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 230 | — | 10 ⁸ | Вода + NaCl + Na ₂ SO ₄ pH 3,5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1490–1498 | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 0,9 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | | K _{у.р} = 1,15 | | | | | | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,4–2,53 | Показатель трещиностойчивости | | K _{т.у} = 0,9 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | | K _{у.п} = 0,5 | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при σ _B = 750 Н/мм ² K _v = 0,60 (твердый сплав) | | | | Не чувствительна | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---|---|------------------------------------|-----------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|----------|---------|
| 08X14HДЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88, ТУ 108–989–80. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,40 | 0,50–0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 13,00–14,50 | 1,20–1,60 | 0,80–1,20 | 690–730 | 810–850 | — | — | 300–320 | 120–150 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | не менее | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Закалка | 1000–1200 | Воздух | До 100 | 510 | 648 | 15 | 40 | 59 | — | — | не менее | |
| | Отпуск | 660–700 | Воздух или печь | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | KV ₋₁₀ , Дж | HB | не менее | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 108–989–80 | В состоянии поставки | | | Толщина стенки более 100, диаметр более 1200 | 500 | 650 | 15 | 40 | — | 21 | — | не менее | |
| <p>Назначение. Детали, работающие в морской воде (гребные винты и пр.).</p> <p>Сталь коррозионно-стойкая мартенситно-ферритного класса.</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1485–1495 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной раковины | | | | | K _{у.р} = 1,1 | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойкости | K _{т.у} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной пористости | | | | | K _{у.п} = 0,5 | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ | | | | В термообработанном состоянии при 217 НВ K _v = 0,75 (твердый сплав) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|------------------------|---|-----------------------------|--------------------------------------|---|-----------------------------------|------------------|-------------------------|-----------------|---------|---------|
| 15X14НЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| ≤ 0,15 | ≤ 0,60 | 0,40–0,90 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 12,0–15,0 | 0,70–1,20 | 765 | 870 | — | — | 350–400 | 120–180 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB [1] | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 930–950 | Воздух | До 100 | 289 | 481 | 15 | 50 | 29 | — | 170–235 | |
| | Отпуск | 680–740 | Воздух или печь | | | | | | | | | |
| | Гомогенизация | 1020–1100 | Воздух | До 100 | 383 | 579 | 15 | 50 | 44 | — | — | |
| | Нормализация | 930–950 | Воздух | | | | | | | | | |
| | Отпуск | 680–740 | Печь или воздух | | | | | | | | | |
| Назначение. Лопасти гидротурбин сечением до 150 мм, а также детали, работающие во влажном паре, разбавленной азотной кислоте и слабых органических кислотах. Сталь коррозионно-стойкая мартенситно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | | |
| Кавитационная стойкость ¹ [1] | | | | Коррозионная стойкость [1] | | | | | | | | |
| Амплитуда колебаний, мм | Частота колебаний, Гц | Время испытаний, ч | Потери веса, мг | Вид коррозии | | Среда | t, °С | Скорость, мм/год | Балл стойкости | | | |
| | | | | Общая | | | | | | — | — | 0,00009 |
| | | | | Точечная | | — | — | — | — | | | |
| 0,07 | 8100 | 3 | 59,9 | Коррозионное растрескивание | | — | — | — | — | | | |
| ¹ Испытания на магнитострикционном вибраторе. | | | | Межкристаллитная | | — | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1482–1492 | Жидкотекучесть | | К _{ж.т} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной раковины | | | К _{у.р} = 1,2 | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,2–2,3 | Показатель трещиностойчивости | | К _{т.у} = 0,8 | Склонность к образованию усадочной пористости | | | К _{у.п} = 1,0 | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и ЭШ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 170–235 HB и σ _b = 481 Н/мм ² K _v = 1,2 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | | | | Мало чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|---------|-------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 06X14H5ДМФЛ | | Отливки — ТУ 24.11.029–91, ТУ 108–977–80, ТУ 108–978–80. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов¹, %, по ТУ 24.11.029–91 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С [1] | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| ≤ 0,06 | ≤ 0,40 | ≤ 0,80 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 13,5–14,7 | 5,00–5,50 | 0,35–0,50 | 0,80–1,30 | 640–670 | 800 | — | — | 200–220 | 50–80 |
| ¹ Дополнительно вводятся по расчету V — 0,08%, Ce — 0,08%, Al — 0,08%, Ca — 0,02%. | | | | | | | | | | | | | | |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|----------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|----------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ТУ 24.11.029–91 | 1 ^{ав} нормализация | 950–1050 | Воздух | — | Не определяются | | | | | | — | — |
| | 2 ^{ав} нормализация | 780–800 | Воздух | 500 | 600 | 750 | 14 | 30 | 30 | — | 220–295 | |
| | Отпуск | 580–620 | Воздух или печь | | | | | | | | | |
| ТУ 108–977–80 | Состояние поставки | | | — | 600 | 750 | 14 | 30 | 50 | — | 220–295 | |
| ТУ 108–978–80 | Состояние поставки | | | — | 600 | 750 | 14 | 30 | 30 | — | 220–295 | |

Назначение. Корпусы насосов, элементы сварно-литых рабочих колес радиально-осевых гидротурбин, лопасти для поворотных лопастных гидротурбин, отливки для деталей гидротурбин.

Сталь коррозионно-стойкая мартенситно-аустенитного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | Среда испытания | Состояние стали | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | Термообработка |
|--|-------------|-----------------|-----------------|--|---|-----|-----|-----|-----|---|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | +20 | 0 | –20 | –40 | –60 | |
| 370 | — | 10 ⁷ | Воздух | $\sigma_{0,2} = 750$ Н/мм ² , $\sigma_B = 885$ Н/мм ² , 285 HB | 125 | 125 | 121 | 115 | 118 | Нормализация 970°С |
| 310 | — | 10 ⁷ | Вода | | 135 | 133 | 134 | 135 | 119 | Нормализация 800°С, воздух. Отпуск 620°С, воздух |

| Коррозионная стойкость [1] | | | | |
|-----------------------------------|---|---------|-----------------|---|
| Вид коррозии | Среда | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости |
| Общая | Вода [H ₃ BO ₃] — 16 г/кг, [KOH] — 0,02 г/кг, pH 8,25 (борированная вода) | 20 | 1500 | 1 |
| | | 100 | 1000 | 1 |
| | | 350 | 3000 | 2 |
| Точечная | Вода [H ₃ BO ₃] — 16 г/кг, [KOH] — 0,02 г/кг, pH 8,25 (борированная вода) | 20 | 1500 | Отсутствует |
| | | 350 | 3000 | Отсутствует |
| Коррозионное растрескивание | 3% раствор NaCl | Кипение | 1000 | При $\sigma \geq \sigma_{0,2}$ разрушений нет |
| | Вода [Cl ⁻] – 200 мг/кг | | 2000 | При $\sigma \geq \sigma_{0,2}$ разрушений нет |
| Межкристаллитная | Проверка на стойкость против МКК проводится по инструкции ИЦК 01–99. | | | |

| Технологические характеристики [1] | | | | | |
|---|------|---|------------------|---|-----------------|
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1455 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 0,94$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{у.р} = 1,1$ |
| Линейная усадка, % | 2,35 | Показатель трещиностойкости | $K_{т.у} = 0,9$ | Склонность к образованию усадочной пористости | $K_{у.п} = 0,5$ |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокеночувствительность | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД и РАД. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 220–295 HB и $\sigma_B = 750$ Н/мм ² $K_v = 0,60$ (твердый сплав), $K_v = 0,35$ (быстрорежущая сталь) | | Не чувствительна | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| | | | | Не склонна | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------------------------------------|-------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|---|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----|-----|
| 08X15H4ДМЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88, ТУ 108–989–80. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | Mn | Mk |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,40 | 1,00–1,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 14,00–16,00 | 3,50–3,90 | 0,30–0,45 | 1,00–1,40 | 670 | 810 | — | — | 230 | 100 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Работа удара, KV ₋₁₀ , Дж | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 977–88 | Закалка | 1030–1050 | Воздух | До 100 | 589 | 736 | 17 | 45 | 98 | — | | | | |
| | Отпуск | 600–620 | Воздух | | | | | | | | | | | |
| ТУ 108–989–80 | В состоянии поставки | | | Толщина стенки более 100, диаметр более 1200 | 589 | 736 | 17 | 45 | — | 40 | | | | |
| Назначение. Детали, работающие в морской воде (тяжелонагруженные гребные винты ледоколов и др.). | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | | | – 50 | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | — | | Жидкотекучесть | | — | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | — | | | |
| Линейная усадка, % | | — | | Показатель трещиностойчивости | | — | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | — | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ. | | | | В закаленном и отпущенном состоянии при σ _в = 738 Н/мм ² K _v = 0,55 (твердый сплав) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|----------------------|------------------------------|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|---|-------------------------|----------------|---------|
| 30X16H22B6Л (ЦЖ 13Л) | | Отливки — ОСТ 108.961.04–80. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.961.04–80 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb | W | Al | Cu |
| 0,24–0,30 | ≤ 0,60 | 1,20–1,80 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 15,0–17,0 | 21,00–23,00 | — | 0,80–1,20 | 5,50–6,50 | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04–80 | Закалка | 1190–1200 | Вода или воздух | — | 290 | 589 | 20 | — | 29 | — | 187–217 |
| | Отпуск | 790–810 | Воздух | | | | | | | | |
| Назначение. Детали, работающие при температуре до 700–750°C. Сталь жаропрочная аустенитного класса. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | | База испытаний, ч | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 29 | | | | | | | | | |
| 30000 | 700 | 29 | | | | | | | | | |
| 50000 | 750 | 17 | | | | | | | | | |
| 30000 | 800 | 20 | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °C | | — | | Жидкотекучесть | | — | | Склонность к образованию усадочной раковины | | — | |
| Линейная усадка, % | | — | | Показатель трещиностойкости | | — | | Склонность к образованию усадочной пористости | | — | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | |
| Не применяется для сварных конструкций. | | | | В состоянии закалки и отпуска при 187–217 НВ и $\sigma_b = 590$ Н/мм ² K _v = 0,8 (твердый сплав), K _v = 0,53 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|--|--|---|--|------------------------------------|--|----------------------------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| 10X18H3ГЗД2Л | | Отливки — ГОСТ 977–88, ТУ 108–978–80, ТУ 26–06–166–82. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | | | | |
| ≤ 0,10 | ≤ 0,60 | 2,30–3,00 | ≤ 0,030 | ≤ 0,030 | 13,0–19,0 | 3,00–3,50 | 1,80–2,20 | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB [1] |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 1070–1100 | Воздух | До 200 | 491 | 687 | 12 | 25 | 29 | — | 240–280 |
| | Отпуск I | 790–810 | Воздух ¹ | | | | | | | | |
| | Отпуск II | 590–610 | С печью | | | | | | | | |
| ¹ После отпуска I отливки по всей толщине должны быть охлаждены до 20°C. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Детали и сварно-литые конструкции гидротурбин, работающие при напорах, не превышающих 80 л/ч в сечениях до 300 мм, а также детали насосов. | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая аустенитно-ферритного класса с метастабильным аустенитом. | | | | | | | | | | | |
| Гидроабразивная стойкость (по сравнению со сталью марки 25) [1] | | | | | | Кавитационная стойкость ² [1] | | | | | |
| Коэффициент износостойкости при абразивном износе, Σ | Коэффициент износостойкости при гидроабразивном износе, Σ_r | Время, ч | Термообработка | Амплитуда колебаний, мм | Частота колебаний, Гц | Время испытаний, ч | Потери веса, мг | | | | |
| 3,6 | — | 24 | Нормализация 1100°C, отпуск 800°C, 6 ч и отпуск 600°C, 24 ч | 0,07 | 8100 | 3 | 56,6 | | | | |
| — | 14,8 | 720 | При условии коррозии и гидроабразивного воздействия | ² Испытания на магнитострикционном вибраторе. | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °C | 1456–1465 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 0,9$ | Склонность к образованию усадочной раковины | $K_{у.р} = 1,2$ | | | | | | |
| Линейная усадка, % | 2,7–2,8 | Показатель трещиностойчивости | $K_{т.у} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной пористости | $K_{у.п} = 0,5$ | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Ограничено свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка | | | В нормализованном и отпущенном состоянии при 240–280 HB и $\sigma_b = 680$ Н/мм ² $K_v = 0,7$ (твердый сплав), $K_v = 0,5$ (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------------------------|-------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|---|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 08X18H4M2БЛ | | Отливки — ТУ 24.11045–98. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов ¹ , %, по ТУ 24.11045–98 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Nb | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,08 | 0,20–0,80 | 0,80–1,20 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 16,0–20,0 | 2,00–6,00 | 2,00–3,00 | — | ≤ 0,04 | — | — | — | — |
| ¹ Вводятся по расчету: Ce – 0,08%, Ca – 0,02%, Zr – 0,08%, Al – 0,08%. | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ТУ 24.11045–98 | Отпуск | 680–700 | Воздух | — | Не определяются | | | | | — | — | | |
| | Закалка | 1050–1070 | Вода или воздух | — | 380 | 600 | 15 | 35 | 30 | — | — | | |
| <p>Назначение. Гаучвалы, формирующие валы сеточной части бумагоделательных машин и отсасывающие валы прессовой части бумагоделательных машин, а также детали химического и нефтегазового оборудования.</p> <p>Сталь коррозионно-стойкая аустенитно-ферритного класса.</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 40 | – 50 | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | — | | Жидкотекучесть | | — | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | — | | |
| Линейная усадка, % | | — | | Показатель трещиностойкости | | — | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | — | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | | | В закаленном состоянии при σ _B = 600 Н/мм ² K _v = 0,65 (твердый сплав) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 08X18H6M2Д4АФБЛ | | Отливки — ТУ 24.11045–98. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 24.11045–98 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | N | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,08 | 0,10–0,60 | 0,10–1,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 17,5–18,5 | 5,50–6,00 | 2,00–2,50 | 3,50–4,00 | 0,14–0,16 | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | | | |
| ТУ 24.11045–98 | Отпуск | 680–700 | Воздух | — | Не определяются | | | | | | — | — | |
| | Закалка | 1050–1070 | Вода или воздух | 200 | 380 | 650 | 25 | 40 | 30 | — | — | | |
| Назначение. Отсасывающие валы бумагоделательных машин. | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая аустенитно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | 1450 – 1470 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 0,9 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,2 | | | | | | | | |
| Линейная усадка, % | 2,7–2,8 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 1,0 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 0,5 | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | В закаленном и отпущенном состоянии при σ _B = 650 Н/мм ² K _v = 0,65 (твердый сплав), K _v = 0,4 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | Не склонна | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------------------------------|--|---|------------------------------------|--------------------------------|---|-----------------|-------------------------|-----|----|----------|--|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 10X18H9Л | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | | | | | | |
| ≤ 0,14 | 0,20–1,00 | 1,00–2,00 | ≤ 0,030 | ≤ 0,035 | 17,0–20,0 | 8,0–11,0 | ≤ 0,30 | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 977–88 | Закалка | 1050–1100 | Вода, масло или воздух | До 100 | 177 | 441 | 25 | 35 | 98 | — | — | | |
| <p>Назначение. Арматура для химической промышленности, коллекторы выхлопных систем, детали печной арматуры, плиты для травильных корзин и другие детали, работающие при температуре до 400°C.</p> <p>Сталь коррозионно-стойкая, жаростойкая до 750°C.</p> <p>Нестойкая в сернистых средах.</p> <p>При содержании углерода в стали не более 0,07% стойкая против МКК.</p> <p>Сталь аустенитного класса.</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч | | | | Жаростойкость [1, 38] | | | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | Балл стойкости | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | — | 1000 | 0,018–0,020 | 500 | | 4 | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | | — | | | | | | | | | | |
| — | — | — | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 38] | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °C | 1425–1440 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной раковины | | | | $K_{у.р} = 1,0$ | | | | | |
| Линейная усадка, % | 2,7–2,8 | Показатель трещиностойчивости | $K_{т.у} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной пористости | | | | $K_{у.п} = 1,0$ | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ | | | В состоянии закалки при $\sigma_b = 441$ Н/мм ² $K_v = 0,72$ (твердый сплав) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|--|---|-----------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|--------|----------------------------------|--------------------|----|
| 10X18H9TЛ | | Отливки — ТУ 26-06-166-82, ТУ 108.17-1039-79. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.17-1039-79 | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Cu | Co | | | |
| ≤ 0,10 | 0,20-1,00 | 1,00-2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 17,0-20,0 | 8,0-11,0 | (5 × C) - 0,80 | ≤ 0,30 | ≤ 0,20 | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Угол изгиба, град. | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.17-1039-79 | Аустенитизация | 1050-1100, 7 ч | В камере с воздушно-водяной смесью в течение 2-3 ч | До 100 | 20 | 196 | 441 | 25 | 32 | 59 | 120 | — |
| | | | | | 350 | 127 | — | — | — | — | — | — |
| Дополнительная термообработка — стабилизация. | | | | | | | | | | | | |
| Проводится для обеспечения требуемых механических свойств в случае необходимости. | | | | | | | | | | | | |
| Посадка отливок в печь при температуре не выше 300°C. Нагрев до температуры 820-840°C со скоростью не выше 50°C/ч, выдержка при этой температуре 8-10 ч. Охлаждение в камере воздушно-водяной смесью в течение 1-2 ч. | | | | | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | |
| 1. Количество ферритной фазы должно быть в пределах 1-15%. | | | | | | | | | | | | |
| 2. Металл отливок должен быть стоек против МКК. | | | | | | | | | | | | |
| 3. Механические свойства должны соответствовать указанным в таблице выше. | | | | | | | | | | | | |
| 4. Механические свойства отливок получают на образцах, вырезанных из прилитых к отливке пробных планок. | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Детали разного назначения для энергомашиностроения (отливки средней части корпуса задвижки), сварные коррозионно-стойкие детали гидротурбин. | | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса. | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | | | |
| — | — | — | | 100 | — | — | — | — | — | Аустенитизация 1050-1100°C, вода | | |
| Механические свойства стали при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [34] | Нормализация | 1100-1150 | Воздух | До 100 | 20 | 200 | 510 | 24 | 30 | 80 | — | |
| | Отпуск | 800, 10 ч | Воздух | | 350 | 200 | 340 | 11 | 25 | 60 | — | |
| | Нормализация | 1100-1150 | Воздух | | 400 | 200 | 360 | 12 | 24 | 70 | — | |
| | | | | | 450 | 170 | 360 | 23 | 42 | 80 | — | |
| | | | | | 500 | 190 | 350 | 17 | 35 | 70 | — | |
| | | | | | 550 | 170 | 310 | 23 | 51 | 100 | — | |
| | | | | | 600 | 160 | 280 | 24 | 47 | 90 | — | |
| | | | | | 650 | 180 | 280 | 17 | 33 | 80 | — | |
| 700 | 180 | 230 | 15 | 26 | 90 | — | | | | | | |
| Массовая доля — 0,09% C; 18,0% Cr; 8,3% Ni; 0,42% Ti. | | | | | | | | | | | | |

| 10X18H9TЛ | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------------------------|---|-------------------|---|---------------------------------------|--|-------------------|---------------|----------------------------|----|
| Механические свойства стали при 20°C после длительного старения | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | |
| [34] | Нормализация | 1100–1150 | Воздух | — | — | 200 | 510 | 35 | 35 | 110 | — |
| | Отпуск | 800, 10 ч | Воздух | 550 | 1000 | 220 | 540 | 42 | 34 | 90 | — |
| | | | | 550 | 3000 | 210 | 540 | 45 | 41 | 95 | — |
| | | | | 600 | 1000 | 220 | 530 | 44 | 53 | 110 | — |
| | | | | 600 | 3000 | 210 | 530 | 31 | 43 | 90 | — |
| | | | | 650 | 1000 | 220 | 530 | 37 | 54 | 90 | — |
| | | | | 650 | 3000 | 220 | 550 | 37 | 37 | 70 | — |
| | | | | — | — | 240 | 610 | 24 | 30 | 80 | — |
| | | | | 700 | 3000 | 270 | 560 | 14 | 17 | 60 | — |
| 750 | 1000 | 220 | 640 | 34 | 32 | 70 | — | | | | |
| 750 | 3000 | 220 | 650 | 35 | 33 | 70 | — | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | |
| [22] | Нормализация | 1100–1120, 4 ч | Воздух | 600 | 127 | — | 118 | — | | | |
| | Отпуск | 860–880, 8–10 ч | Воздух | | | | | | | | |
| [34] | Нормализация | 1100–1120, 4 ч | Воздух | 550 | 200 | 160 | — | — | | | |
| | Отпуск | 860–880, 8–10 ч | Воздух | 600 | 160 | 130 | — | 120 | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | | База испытаний, ч | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | Воздух | 1000 | 0,018–0,020 | | 500 | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 110 | | | | | | | | | |
| 3000 | 550 | 90 | | | | | | | | | |
| 3000 | 600 | 90–110 | | | | | | | | | |
| 3000 | 650 | 70–90 | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °C | | 1425–1440 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной раковины | | | $K_{у.р} = 1,0$ | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,7–2,8 | Показатель трещиностойчивости | $K_{т.у} = 1,0$ | Склонность к образованию усадочной пористости | | | $K_{у.п} = 1,0$ | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | Флокочувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка | | | В закаленном состоянии при $\sigma_b = 440$ Н/мм ² $K_v = 0,72$ (твердый сплав) | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | Не склонна | | | | | |

| | |
|--------------------|--|
| Марка стали | Вид поставки |
| 12X18H9ТЛ | Отливки — ГОСТ 977–88, ОСТ 108.961.04–80, ОСТ 26 291–94, ТУ 26–06–166–82. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88

| | | | | | | | |
|--------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|----------|---------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti |
| ≤ 0,12 | 0,20–1,00 | 1,00–2,00 | ≤ 0,030 | ≤ 0,035 | 17,0–20,0 | 8,0–11,0 | (5 × C) –0,70 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------|----------------------|-----------|---------------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Закалка | 1050–1100 | Вода, масло или воздух | До 100 | 196 | 441 | 25 | 32 | 59 | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| ОСТ 108.961.04–80 | Нормализация | 1100–1150 | Сжатый воздух или водяная смесь | | | | | | | | |
| | Отпуск | 800, 10 ч | Воздух | | | | | | | | |

Примечания.

1. Приемно-сдаточными показателями являются: предел текучести ($\sigma_{0,2}$), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (КCU).
2. Временное сопротивление (σ_b), относительное сужение (ψ) и твердость (HB) не являются приемно-сдаточными показателями, но определяются и заносятся в документ о качестве.
3. По требованию согласованного чертежа на отливках для деталей ГТУ, производится определение механических свойств при рабочих повышенных и пониженных температурах. Данные показатели не являются приемно-сдаточными, но заносятся в документ о качестве.

Механические свойства в интервале температур

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HB |
|-------------------|----------------------|-----------|---------------------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04–80 | Нормализация | 1100–1150 | Сжатый воздух или водяная смесь | До 100 | 20 | 196 | 442 | 25 | 30–35 | 78–100 | — |
| | Отпуск | 800, 10 ч | Воздух | | 350 | 147 | 334 | 16 | 25–29 | 59–98 | — |
| | | | | | 450 | 128 | 324 | 15 | 26 | 78–98 | — |
| | | | | | 550 | 118 | 304 | 15 | 26 | 98 | — |
| | | | | | 600 | 118 | 294 | 15 | 26 | 88 | — |

Пределы длительной прочности

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | |
|-------------------|----------------------|-----------|---------------------------------|-------|---|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ |
| ОСТ 108.961.04–80 | Нормализация | 1100–1150 | Сжатый воздух или водяная смесь | 550 | 196 | 157 |
| | Отпуск | 800, 10 ч | Воздух | 600 | 157 | 128 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|--|-----------|------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 26 291–94 | В термически обработанном состоянии (по ГОСТ 977–88) | | | До 100 | 196 | 441 | 25 | 32 | 59 | — | — |
| | Закалка | 1050–1100 | Вода, масло или воздух | | | | | | | | |

Назначение. Детали разного назначения для энергомашиностроения. Арматура для химической промышленности, коллекторы выхлопных систем, детали печной арматуры, ящики и крышки для травильных корзин, детали стационарных газовых турбин и компрессоров, оборудование и трубопроводы АЭУ с водяным теплоносителем.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса.

| 12X18H9TЛ | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------|---|--------------------|---|--------------------------------------|--|-------|-------------------|-------------------------|---------------------|
| Предел выносливости, Н/мм ² [4] | | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С [1] | | | | | Термообработка | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | |
| 196-235 | 132 | 10 ⁷ | — | | 78-108 | — | — | — | — | — | 1100°С, 4 ч, воздух |
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1, 4] | Аустенитизация | 1100, 4 ч | Воздух | До 100 | 20 | 195-235 | 500-660 | 24-25 | 30-35 | 78-108 | — |
| | | | | | 350 | 195 | 335-370 | 11-13 | 25-29 | 64-98 | — |
| | Стабилизация | 800 и 1020 | С печью | | 400 | 195 | 355-370 | 12-17 | 24-41 | 69-108 | — |
| | | | | | 450 | 165 | 355 | 23 | 42-46 | 78-98 | — |
| | | | | | 500 | 185 | 345 | 17 | 35-42 | 69-88 | — |
| | | | | | 550 | 165 | 305 | 23 | 51 | 98 | — |
| | | | | | 600 | 155 | 275 | 24 | 47 | 88 | — |
| | | | | | 650 | 175 | 275 | 17-21 | 33-39 | 78-108 | — |
| 700 | 175 | 225-255 | 15-17 | 26-38 | 88 | — | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °С | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁵ | | | | |
| [6] | Нормализация | 1100-1150 | Воздух | 550 | 200 | 160 | — | | | | |
| | Отпуск | 800, 10 ч | Воздух | 600 | 160 | 130 | 120 | | | | |
| Механические свойства литой заготовки | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Место вырезки | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка Стабилизирующий отжиг | 1060-1070 | Вода | 200 | Ц | 225-245 | 455-510 | 30-49 | — | 172-196 | 143-156 |
| | | 840-860, 4 ч | Воздух | | К | 230-265 | 465-515 | 42-53 | — | 157-208 | 156 |
| Ц — образцы вырезаны из центральной зоны. К — образцы вырезаны из приповерхностной зоны. | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства стали при 20°С после длительного старения | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Режим старения | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | t, °С | τ, ч | | | | | | |
| [6] | Нормализация | 1100-1150 | Воздух | Исходное состояние | | 200 | 510 | 35 | 35 | 110 | — |
| | | | | 550 | 1000 | | | | | | |
| | Отпуск | 800, 10 ч | Воздух | 550 | 3000 | 210 | 540 | 45 | 41 | 95 | — |
| | | | | 600 | 1000 | 220 | 530 | 44 | 53 | 110 | — |
| | | | | 600 | 3000 | 210 | 530 | 31 | 43 | 90 | — |
| | | | | 650 | 1000 | 220 | 530 | 37 | 54 | 90 | — |
| | | | | 650 | 3000 | 220 | 550 | 37 | 37 | 70 | — |
| | | | | Исходное состояние | | 240 | 610 | 24 | 30 | 80 | — |
| | | | | 700 | 3000 | 270 | 560 | 14 | 17 | 60 | — |
| | | | | 750 | 1000 | 220 | 640 | 34 | 32 | 70 | — |
| 750 | 3000 | 220 | 650 | 35 | 33 | 70 | — | | | | |
| Пластичность [36] | | | | Жаростойкость [6] | | | | | | | |
| Остаточные удлинения в условиях длительного разрыва при 600°С преимущественно не превышают 2% | | | | Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | | | База испытаний, ч | | |
| Жаростойка при длительном сроке службы до 750-800°С | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | 1425-1440 | Жидкотекучесть | | К _{ж.т} = 1,0 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | К _{у.р} = 1,0 | |
| Линейная усадка, % | | 2,7-2,8 | Показатель трещиностойкости | | К _{т.у} = 1,0 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | К _{у.п} = 1,0 | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ | | | В закаленном состоянии при σ _в = 440 Н/мм ² K _в = 0,7 (твердый сплав), K _в = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|-------------|------------------------------------|------------------------------------|---|--------------|-------------------------|-----|----|
| 12X18H12M3TЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88, ОСТ 26 291–94, ТУ 5.961–11151–80, ТУ 26–06–166–82. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | | | |
| ≤ 0,12 | 0,20–1,00 | 1,00–2,00 | ≤ 0,030 | ≤ 0,035 | 16,0–19,0 | 11,0–13,0 | 3,00–4,00 | (5 × C)–0,70 | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Закалка | 1100–1150 | Вода | До 100 | 216 | 441 | 25 | 30 | 59 | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ОСТ 26 291–94 | В термически обработанном состоянии (по ГОСТ 977–88) | | | До 100 | 216 | 441 | 25 | 30 | 59 | — | — |
| | Закалка | 1100–1150 | Вода | | | | | | | | |
| Отливки стальные (обязательное приложение 7) | | | | | | | | | | | |
| 1. Отливки стальные должны применяться в термообработанном состоянии с проверкой механических свойств после термообработки. Вид и режим термообработки устанавливает предприятие-изготовитель отливок. | | | | | | | | | | | |
| 2. Сталь для отливок должна выплавляться в мартеновских или электрических печах, способ выплавки указывается в сертификате. Сталь для отливок по ГОСТ 977–88, выплавленная кислым способом, должна содержать серы и фосфора не более 0,050% каждого. | | | | | | | | | | | |
| 3. Отливки по форме и размерам должны соответствовать чертежам. Допускаемые отклонения по размерам и массе отливок, а также припуски на механическую обработку принимаются по III классу точности ГОСТ 26645–85. | | | | | | | | | | | |
| 4. Качество поверхности отливок должно соответствовать требованиям ГОСТ 977–88 и соответствующим техническим условиям. | | | | | | | | | | | |
| 5. На поверхности отливок, подлежащих механической обработке, допускаются без исправления места, расчищенные от трещин, спаев, раковин, пористостей и других дефектов, если глубина залегания дефекта не превышает $\frac{2}{3}$ припуска на механическую обработку. | | | | | | | | | | | |
| 6. Дефекты отливок, влияющие на прочность и ухудшающие их товарный вид, подлежат исправлению. Виды, количество, размеры и расположение дефектов, подлежащих исправлению, а также способы их исправления определяются соответствующими техническими условиями и чертежами заказчика на детали из отливок. | | | | | | | | | | | |
| 7. Отливки из легированных и коррозионно-стойких сталей подвергаются контролю макро- и микроструктуры при наличии требований в технических условиях или чертежах. | | | | | | | | | | | |
| Исследования макро- и микроструктуры производится по инструкции предприятия-изготовителя. | | | | | | | | | | | |
| 8. Отливки из коррозионно-стойких сталей при наличии требований чертежа должны быть испытаны на стойкость против межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6032–2003 методом, указанным в чертеже. | | | | | | | | | | | |
| 9. Образцы для испытания механических свойств должны изготавливаться в соответствии с требованиями ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | | |
| 10. Каждая полая отливка, работающая при давлении свыше 7 Н/мм ² , должна подвергаться гидравлическому испытанию пробным давлением, указанным в технических условиях и ГОСТ 356–80. | | | | | | | | | | | |
| Испытание отливок, прошедших на предприятии-изготовителе 100% контроль неразрушающими методами, допускается совмещать с испытанием собранного узла или сосуда пробным давлением, установленным для узла или сосуда. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Оборудование АЭУ и трубопроводы пара и горячей воды, детали, устойчивые при воздействии сернистой кипящей, фосфорной, муравьиной, уксусной кислот, а также детали, длительное время работающие под нагрузкой при температуре до 800°C. | | | | | | | | | | | |
| Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая, жаропрочная при температуре до 800°C, не подвержена межкристаллитной коррозии. | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость [2] | | | | | | Коррозионная стойкость [2] | | | | | |
| Среда | t, °C | Глубина коррозии, мм | База испытаний, ч | | | Межкристаллитная | | | | | |
| Жаропрочна до температуры 800°C | | | | | | Кислотостойкая и не подвержена МКК | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ | | | При 169 HB K _v = 0,85 (твердый сплав), K _v = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------------------------|---|--|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------------|----------|--|--|--|--|
| 31X19H9MBTЛ (ЭИ 572Л) | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb | W | Ti | | | | | | |
| 0,26–0,35 | ≤ 0,80 | 0,80–1,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 18,0–20,0 | 8,00–10,00 | 1,00–1,50 | 0,20–0,50 | 1,00–1,50 | 0,20–0,50 | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Закалка | 1150–1180 | Вода | До 100 | 294 | 540 | 12 | — | 29 | — | 207– 241 ¹ | | | | | |
| | Старение | 700–800 | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Данные ЦНИИТМАШ. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Рабочие колеса турбины турбокомпрессоров, турбинные и направляющие лопатки, направляющие аппараты. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь жаропрочная аустенитного класса. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| Длительная прочность и сопротивление ползучести | | | | | | | | | | | | | | | | |
| t, °C | σ_{1000} , Н/мм ² | σ_{10000} , Н/мм ² | σ_{100000} , Н/мм ² | $\sigma_{1/10000}$, Н/мм ² | $\sigma_{1/100000}$, Н/мм ² | | | | | | | | | | | |
| 550 | — | 270 | — | 225 | — | | | | | | | | | | | |
| 600 | — | 220 | — | 185 | — | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °C | — | Жидкотекучесть | — | Склонность к образованию усадочной раковины | | — | | | | | | | | | | |
| Линейная усадка, % | — | Показатель трещиностойкости | — | Склонность к образованию усадочной пористости | | — | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | | В состоянии закалки и старения при $\sigma_b = 540$ Н/мм ² $K_v = 0,5$ (твердый сплав), $K_v = 0,3$ (быстрорежущая сталь) | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | | | | |
| | | | | | | | — | — | — | — | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
| 05X20AG15H9M1БФЛ (05X20AG15H9M1ФЛ) | | Отливки — НД заводов. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по [379] | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | V | Nb | Ti | Ce | Ca | Al |
| 0,03–0,06 | 0,10–0,40 | 14,0–16,0 | ≤ 0,015 | ≤ 0,015 | 19,0–20,5 | 8,25–9,00 | 0,80–1,25 | 0,57–0,65 | 0,08–0,15 | 0,02–0,12 | 0,004–0,030 | 0,005–0,020 | 0,005–0,020 | 0,005–0,020 |

Ce, Ca и Al вводятся по расчету.

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ДЦ | Нагрев до 850°C, выдержка 1,2–1,5 мин/мм, далее нагрев до 950°C, выдержка 1,2–1,5 мин/мм, далее нагрев 1100–1150°C, выдержка 2,0–2,5 мин/мм, охлаждение в воде | | | До 100 | 435–455 | 675–780 | 40–50 | 50–60 | 150–270 | — | 200–230 |
| | Требования ТУ | | | До 100 | 400 | 650 | 35 | 50 | 70 | — | 175–230 |

| Механические свойства в интервалах температур | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ДЦ | Нагрев до 850°C, выдержка 1,2–1,5 мин/мм, далее нагрев до 950°C, выдержка 1,2–1,5 мин/мм, далее нагрев 1100–1150°C, выдержка 2,0–2,5 мин/мм, охлаждение в воде | | | До 100 | –20 | — | — | — | — | 300–300 | — |
| | | | | | –163 | 711–715 | 815–820 | 42–45 | 44–55 | 83–93 | — |
| | | | | | +100 | 298–327 | 537–610 | 47–55 | 44–62 | 78–98 | — |

Назначение. Литые заготовки сложной конфигурации для изделий судового оборудования, эксплуатируемого в морской воде. Детали разного назначения для энергомашиностроения, для нефтяной, газовой промышленности и криогенной техники.

Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|-----------------|--|---|---|-----|-----|-----|-----|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | +20 | 0 | –20 | –40 | –60 | –80 | |
| 295–345 | — | 10 ⁷ | Нагрев до 850°C, выдержка 1,2–1,5 мин/мм, далее нагрев до 950°C, выдержка 1,2–1,5 мин/мм, далее нагрев 1100–1150°C, выдержка 2,0–2,5 мин/мм, охлаждение в воде | — | — | — | — | — | — | — |

| 05X20AG15H9M1БФЛ (05X20AG15H9M1ФЛ) | | | | | |
|---|--|---|--|---|--|
| Коррозионная стойкость [ДЦ] | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Глубина коррозии, мкм/год | Группа или балл стойкости ¹ |
| Общая | 3,5 раствор NaCl | 25 | 1000 | — | 1 (группа «совершенно стойкие») |
| | | 70 | 1000 | — | 3 (группа II «весьма стойкие») |
| | Среда, имитирующая морскую воду | — | 1000 | ≤ 0,16 | 1 (группа «совершенно стойкие») |
| Точечная | По коррозионной стойкости превосходит сталь 09X18H10T | | | | |
| Питтинговая коррозия | Металл отливки в условиях анодной поляризации в 3,5% растворе трихлорида железа (FeCl ₃ · 6H ₂ O, γ=1,049 г/см ³) | 22 30 40 | 25 с измерением потерь массы через каждые 5 ч | — | Высокая стойкость |
| Коррозионное растрескивание | Под напряжением в среде камеры соляного тумана, выполненные при испытании подковообразных образцов, нагруженных по методу постоянной деформации (аналогичные примененным при испытании в кипящем 26% растворе NaCl). По стойкости к коррозионному растрескиванию превосходит сталь 08X18H10T | t _{кип} | 500 | — | Не склонна (трещин нет) |
| Стойкость при воздействии соляного тумана (ГОСТ Р 52763–2007) | Концентрация соляного раствора 5% по массе (5 весовых частей соли растворены в 95 весовых частях воды); нейтральный соляной раствор pH 6,5–7,2 (по ГОСТ Р 52763–2007) приготовлен путем растворения в дистиллированной воде по ГОСТ 6709 химически чистого хлористого натрия по ГОСТ 4233–77 | | В процессе испытаний автоматически поддерживалась температура в испытательном пространстве t _{исп} = (35±1)°C при температуре воды в увлажнителе t _{увл} = (49±1)°C при давлении воздуха в распылителе 120 кПа. Полученные результаты позволяют отметить, что в процессе выдержки плоских образцов в атмосфере соляного тумана на поверхности наблюдается незначительное образование равномерно распределенных солевых отложений и продуктов коррозии в отдельных мельчайших, имеющих место на поверхностях отложений продуктов коррозии. Поверхность металла остается блестящей, рыхлый слой в виде подтеков после высыхания легко удаляется мягкой резиной | | |
| Межкристаллитная (ГОСТ 6032–2003) | Исходное состояние | — | — | — | Не склонна |
| | Провоцирующий отпуск | 600 | 1 | — | Не склонна |
| | Провоцирующий отпуск | 750 | 1 | — | Не склонна |
| | Провоцирующий отпуск | 800 | 1 | — | Не склонна |
| ¹ По 10-балльной шкале коррозионной стойкости. | | | | | |
| Технологические характеристики [379] | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °C | 1385 | Жидкотекучесть | K _{ж.т} = 1,0 | Склонность к образованию усадочной раковины | K _{у.р} = 1,0 |
| Линейная усадка, % | 2,0–2,5 | Показатель трещиностойчивости | K _{т.у} = 1,0 | Склонность к образованию усадочной пористости | K _{у.п} = 1,0 |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | Флокеночувствительность | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | В закаленном состоянии при σ _в = 700 Н/мм ² K _р = 0,7 (твердый сплав), K _в = 0,35 (быстрорежущая сталь) | | Не чувствительна | |
| | | | | Склонность к отпускной хрупкости | |
| | | | | Не склонна | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|------------------------|-------------------|--|---|------------------------------------|------|----------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------|-----------------|
| 20X20H14C2Л (X20H14C2Л) | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,20 | 2,00–3,00 | ≤ 1,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,035 | 19,0–22,0 | 12,0–15,0 | — | — | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 977–88 | Нормализация | 1100–1150 | Воздух | До 100 | 245 | 491 | 20 | 25 | — | — | — | |
| <p>Назначение. Печные конвейеры, ящики для цементации и другие детали, работающие при высоких температурах в нагруженном состоянии.</p> <p>Сталь жаростойкая до 1000–1050°С, устойчивая в науглероживающей среде, аустенитно-ферритного класса.</p> | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | — | | | Жидкотекучесть | | — | | | Склонность к образованию усадочной раковины | | — |
| Линейная усадка, % | | — | | | Показатель трещиностойкости | | — | | | Склонность к образованию усадочной пористости | | — |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | | | В состоянии нормализации при σ _в = 500 Н/мм ² K _v = 1,1 (твердый сплав), K _v = 0,6 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------------------|---|--------------------------------|--|-----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------|----------------|------|
| 10X21H5TЛ (X21H5TЛ) | | Отливки — ТУ 26-06-166-82. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | W | Ti | Al | |
| 0,04–0,10 | ≤ 0,08 | ≤ 0,08 | ≤ 0,030 | ≤ 0,035 | 20,0–22,0 | 4,50–5,80 | — | — | ≤ 0,08 | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 1050 | Вода или воздух | До 100 | 300 | 600 | 18 | 22 | 30 | — | — |
| | Закалка | 1050 | Вода или воздух | | 400 | 700 | 15 | 20 | 25 | — | — |
| | Старение | 480, 6 ч | Воздух | | не менее | | | | | | |
| Дополнительные данные. | | | | | | | | | | | |
| 1. По коррозионной стойкости I режим термообработки предпочтительнее II режима. | | | | | | | | | | | |
| 2. По коррозионной стойкости в азотной кислоте и некоторых других средах может являться заменителем стали марки X18H9TЛ. | | | | | | | | | | | |
| 3. При конструировании отливок следует избегать резких переходов в сечениях отливок, выступов и больших припусков на механическую обработку. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Корпусы насосов, кронштейны, крыльчатки, фитинги и другие детали печного и химического оборудования. | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая аустенитно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C | | | | | Термообработка | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | – 80 |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °C | | — | | Жидкотекучесть | | — | | Склонность к образованию усадочной раковины | | — | |
| Линейная усадка, % | | 2,3–2,5 | | Показатель трещиностойкости | | — | | Склонность к образованию усадочной пористости | | — | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | В состоянии закалки и старения при $\sigma_a = 700$ Н/мм ² $K_v = 0,63$ (твердый сплав), $K_v = 0,45$ (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|------------------------|-------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|------|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 35X23H7CЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| ≤ 0,35 | 0,50–1,20 | 0,50–0,85 | ≤ 0,035 | ≤ 0,035 | 21,0–25,0 | 6,00–8,00 | — | — | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Без термообработки | | | До 100 | 245 | 540 | 12 | — | — | — | — | | |
| Назначение. Детали трубчатых печей нефтезаводов и другие детали, работающие при температуре до 1000°С. Сталь коррозионно-стойкая в серосодержащих средах, жаростойкая при температуре до 1000°С, аустенитно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | — | | Жидкотекучесть | | — | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | — | | |
| Линейная усадка, % | | — | | Показатель трещиностойкости | | — | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | — | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | | Без термообработки при σ _в = 540 Н/мм ² K _v = 1,3 (твердый сплав), K _v = 1,0 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------------------------|------------------------|---|---|---|-------|--|-----------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|--|
| 40X24H12CЛ (ЭИ 316Л) | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| ≤ 0,40 | 0,50–1,50 | 0,30–0,80 | ≤ 0,030 | ≤ 0,035 | 22,0–26,0 | 11,00–13,00 | — | — | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 977–88 | Закалка | 1040–1060 | Вода, масло или воздух | До 100 | 245 | 491 | 20 | 28 | — | — | — | | |
| ДЦ | Литое состояние | | | — | 215–235 | 550–610 | 24–38 | 29–49 | 34–78 | — | — | | |
| <p>Назначение. Лопатки компрессоров и сопловых аппаратов, печные конвейеры, шнеки и другие детали, работающие при высоких температурах и давлении.</p> <p>Сталь коррозионно-стойкая, жаростойкая при температуре до 1000°С и жаропрочная аустенитно-ферритного класса.</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °С | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | | | – 80 | |
| — | — | — | | | 34–78 | — | — | — | — | Без термообработки. | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость | | | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °С | Скорость коррозии ¹ , мм/год | | | Группа стойкости | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | Воздух | 900 | 0,055 | | | | | | | |
| Время, ч | t, °С | KCU, Дж/см ² | | | 1000 | 0,322 | | | | | | | |
| Исходное состояние | | — | | | 1050 | 1,66 | | | | | | | |
| — | | | | ¹ Средняя скорость коррозии за 400 ч при 500 ч испытания. | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | — | | Жидкотекучесть ² | | — | | Склонность к образованию усадочной раковины ² | | — | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,7 | | Показатель трещиностойчивости ² | | — | | Склонность к образованию усадочной пористости ² | | — | | | |
| ² Литейные свойства удовлетворительны. | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | | В состоянии закалки при σ _в = 500 Н/мм ² K _v = 1,0 (твердый сплав), K _v = 0,8 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|---|-------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|---|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 15X25TЛ | | Отливки — ГОСТ 977–88, ТУ 26–06–166–82. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | V | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,10–0,20 | 0,50–1,20 | 0,50–1,80 | ≤ 0,030 | ≤ 0,035 | 23,0–27,0 | — | 0,40–0,80 | — | — | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 977–88 | Без термической обработки | | | До 100 | 275 | 441 | — | — | — | — | — | — | — |
| <p>Назначение. Детали химических аппаратов, не подвергающиеся действию переменных и постоянных нагрузок (аппаратура для дымящейся азотной или фосфорной кислот). Многие детали, работающие в условиях контакта с мочевиной; печная арматура, плиты и др.</p> <p>Сталь коррозионно-стойкая ферритного класса.</p> <p>Сталь обладает удовлетворительной сопротивляемостью межкристаллитной коррозии.</p> <p>Температура жаростойкости 1100°С.</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | |
| — | — | — | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °С | | — | | Жидкотекучесть | | — | | Склонность к образованию усадочной раковины | | — | | | |
| Линейная усадка, % | | — | | Показатель трещиностойчивости | | — | | Склонность к образованию усадочной пористости | | — | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка. | | | | Без термообработки при σ _в = 440 Н/мм ² K _v = 1,2 (твердый сплав) | | | | Не чувствительна | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-------------------------------------|---------|---------|-----------|----|-----------|-----------|----|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
| 250X25B3TL | | Отливки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | Температура критических точек, °C | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | W | Ti | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 2,40–3,00 | ≤ 0,40 | ≤ 0,40 | ≤ 0,100 | ≤ 0,100 | 20,0–28,0 | — | 2,00–4,00 | 0,05–0,10 | — | 800 | 860 | 300 | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|----|----------------------|-----------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ДЦ | Отжиг | 750–800 | Воздух | — | Не определяются | | | | | 35–40 | — |
| | Нормализация | 1050–1100 | Воздух | | Не определяются | | | | | 60–64 | |
| | Отпуск | 500–550 | Воздух | | не менее | | | | | 58–62 | |

Назначение. Проводковая арматура прокатных станов, чистовые валки проволочных и сортовых станов и другие детали, подвергаемые сильному тепловому и абразивному износу при повышенных температурах.

Сталь обладает повышенным сопротивлением износу и хорошими литейными свойствами.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при температуре, °C | | | | | | Термообработка |
|--|-----------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | | + 20 | 0 | – 20 | – 30 | – 50 | – 70 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|---|-----------------------------|---|---|---|
| Температура начала затвердевания стали, °C | — | Жидкотекучесть | — | Склонность к образованию усадочной раковины | — |
| Линейная усадка, % | — | Показатель трещиностойкости | — | Склонность к образованию усадочной пористости | — |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---|---|
| Не применяется для сварных конструкций. | В нормализованном и отпущенном состоянии при 54–55 HRC K _v = 0,33 (твердый сплав) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------------------------------------|--|---|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----|--------|----------|--|--|--|--|
| 20X25H13ATЛ | | Фасонное литье — ОСТ 108.961.04–80. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.961.04–80 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | N | Ti | Al | Cu | | | | | |
| 0,13–0,20 | ≤ 0,70 | 1,00–1,50 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 23,0–25,0 | 12,0–14,0 | — | 0,08–0,18 | 0,10–0,20 | — | ≤ 0,30 | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ОСТ 108.961.04–80 | Аустенитизация | 1160–1180 | Воздух | — | 235 | 441 | 20 | 30 | 34 | — | — | | | | | |
| | Старение | 760–780, 10 ч | С печью | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Назначение. Детали, работающие при температуре до 650°C в окислительных средах с малым и средним содержанием сернистых газов: рубашки цилиндров газовых турбин.</p> <p>Сталь жаропрочная аустенитного класса.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала затвердевания стали, °C | 1392–1422 | Жидкотекучесть | $K_{ж.т} = 0,9$ | Склонность к образованию усадочной раковины | | | | $K_{у.р} = 1,0$ | | | | | | | | |
| Линейная усадка, % | 2,7–2,8 | Показатель трещиностойкости | $K_{т.у} = 0,9$ | Склонность к образованию усадочной пористости | | | | $K_{у.п} = 1,5$ | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | | В состоянии аустенитизации и старения при $\sigma_a = 450$ Н/мм ² $K_v = 0,8$ (твердый сплав), $K_v = 0,48$ (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Не склонна | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------------------------|---------|---------|-----------|-----------|----|----|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
| 20X25H19C2Л | | Отливки — ГОСТ 977–88. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88 | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,20 | 2,00–3,00 | 0,50–1,50 | ≤ 0,030 | ≤ 0,035 | 23,0–27,0 | 18,0–20,0 | — | — | — | — | — | — |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------|----------------------|-----------|------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 977–88 | Закалка | 1090–1100 | Вода, масло или воздух | До 100 | 245 | 491 | 25 | 28 | — | — | — |

Назначение. Детали паровых и газовых турбин и котельных установок, лопадки и венцы компрессоров и сопловых аппаратов и другие детали, работающие при высоких температурах. Реторты для отжига, части печей и ящики для цементации.

Сталь коррозионно-стойкая, жаростойкая при температуре до 1100°С, аустенитного класса.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|--|---|-------------------------------|---|---|---|
| Температура начала затвердевания стали, °С | — | Жидкотекучесть | — | Склонность к образованию усадочной раковины | — |
| Линейная усадка, % | — | Показатель трещиностойчивости | — | Склонность к образованию усадочной пористости | — |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокочувствительность |
|---|---|----------------------------------|
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | В состоянии закалки при $\sigma_b = 500$ Н/мм ² $K_v = 0,88$ (твердый сплав), $K_v = 0,65$ (быстрорежущая сталь) | Не чувствительна |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | Не склонна |

| Марка стали | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|--|---|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|---|-------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 05X26H6M2Д2АБФЛ | | Отливки — ТУ 24.11045–98. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов ¹ , %, по ТУ 24.11045–98 | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | N | V | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,05 | 0,10–1,00 | 0,40–1,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 25,0–27,0 | 5,50–7,50 | 1,50–2,50 | 1,80–2,50 | 0,10–0,18 | 0,08–0,15 | — | — | — | — |
| ¹ Вводится по расчету: Се – 0,08%, Са – 0,02%, Zr – 0,08% и Al – 0,08%. | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ТУ 24.11045–98 | Закалка | 1050–1070 | Вода или воздух | — | 440 | 680 | 25 | 40 | 50 | — | — | | | |
| Назначение. Гауч-валы, формирующие валы и отсасывающие валы бумагоделательных машин, детали нефтегазового и химического оборудования, в частности, насосы сероочистки и др. | | | | | | | | | | | | | | |
| Сталь коррозионно-стойкая аустенитно-ферритного класса. | | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °С | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | | |
| Общая | | Вода, CaCl ₂ — 150 г/л, CaSO ₄ — 1,2 г/л, MgSO ₄ — 1,0 г/л. | | | 20 | 3000 | | 2 | | | | | | |
| | | pH 4,0 – 4,5 | | | | | | | | | | | | |
| Точечная | | Вода, CaCl ₂ — 150 г/л, CaSO ₄ — 1,2 г/л, MgSO ₄ — 1,0 г/л. pH 4,0 – 4,5. | | | 20 | 3000 | | Отсутствует | | | | | | |
| | | pH 2,2 – 2,4 | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | Среда | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при t, °С | | | | Термообработка | | | | | | |
| σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | | +20 | +60 | –40 | –50 | | | | | | | |
| 250 | — | 10 ⁷ | Вода + NaCl + Na ₂ SO ₄ (pH = 3,5) | 50–53 | 85–98 | 7–8 | — | Закалка 1050°С, вода. | | | | | | |
| 205 | — | 10 ⁸ | | | | | | | | | | | | |
| 165 | — | 10 ⁹ | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Температура начала за твердевания стали, °С | | — | | Жидкотекучесть | | K _{ж.т} = 0,9 | | Склонность к образованию усадочной раковины | | | K _{у.р} = 1,2 | | | |
| Линейная усадка, % | | 2,4–2,6 | | Показатель трещиностойчивости | | K _{т.у} = 0,9 | | Склонность к образованию усадочной пористости | | | K _{у.п} = 0,5 | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | |
| Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. | | | | В закаленном состоянии при σ _н = 680 Н/мм ² K _v = 0,5 (твердый сплав), K _v = 0,25 (быстрорежущая сталь) | | | | Не чувствительна | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | |
| | | | | | | | | Не склонна | | | | | | |

Раздел 4. СПЛАВЫ

СПЛАВЫ НА ЖЕЛЕЗОНИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|---|---|----------------------|------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------|---------------|----------------------------|---------------|----------------------|----------------------|
| X16H36МБТЮР (ЭП 150) | | Трубная заготовка (диаметр до 140 мм) — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Nb | Al | B | Ce |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,70 | 1,00– 1,60 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 15,0– 17,0 | 34,0– 38,0 | 2,00– 2,50 | 0,70– 1,10 | 0,90– 1,30 | 0,90– 1,30 | ≤ 0,02 по расчету | ≤ 0,02 по расчету |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [2] | Аустенизация | 1080–1100, 2 ч | Воздух | До 140 | 392 | 784 | 20 | — | — | — | — | |
| Назначение. Высоконагруженные детали и трубы, работающие при температуре до 700°C в воде, паре и жидкометаллических средах. Сплав коррозионно-стойкий и жаропрочный аустенитного класса. | | | | | | | | | | | | |
| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [2] | | | Термообработка | Пределы длительной прочности [2] | | | | | | | |
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | |
| 560 | 225 | — | 10 ⁸ | — | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | | | | | | |
| | | | | | 560 | 490–549 | 431–470 | | | | | |
| 700 | 206 | — | 10 ⁸ | — | 600 | 392–441 | 323–372 | | | | | |
| | | | | | 650 | 294–353 | 216–245 | | | | | |
| | | | | | 700 | 196–245 | 98–127 | | | | | |
| | | | | | 750 | 93–118 | 49–59 | | | | | |
| Механические свойства в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [2] | Закалка Отпуск | 1150 750, 24 ч | Воздух | 20 | 451–490 | 921–980 | 22–31 | 26–31 | 88–118 | 217–250 | | |
| | | | | 400 | 451–461 | 833–853 | 20–27 | 28–32 | 69–88 | — | | |
| | | | | 500 | 451–461 | 842–853 | 22–25 | 28–30 | 69–78 | — | | |
| | | | | 600 | 441–461 | 804–833 | 19–20 | 28–29 | 59–88 | — | | |
| | | | | 700 | 431–461 | 696–735 | 12–16 | 17–25 | 49–59 | — | | |
| | | | | 800 | 215–343 | 294–392 | 21–28 | 40–70 | 78–245 | — | | |
| | | | | 850 | 274–314 | 314–353 | 42–53 | 90–92 | — | — | | |
| | | | | 950 | 127–147 | 147–157 | 63–70 | 95–98 | 186–235 | — | | |
| | | | | 1050 | 69–78 | 88–98 | 79–89 | 99–100 | 147–225 | — | | |
| | | | | 1100 | 20–29 | 39–49 | 86–88 | 100 | 127–216 | — | | |
| | | | | 1200 | 15–20 | 29–32 | 87–98 | 100 | 39–59 | — | | |
| | | | | 1250 | — | — | — | — | 10–29 | — | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [2] | | | | Релаксационная стойкость [2] | | | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время, ч | | | | | | |
| Исходное состояние | | | 1000 | | | 10000 | | | | | | |
| 1000 | 560 | 78 | | 343 | 343 | 333 | | | | | | |
| 5000 | 560 | 78 | | | | 323 | | | | | | |
| 1000 | 600 | 69–78 | | | | 294 | | | | | | |
| 5000 | 600 | 69–78 | | | | 245 | | | | | | |
| 1000 | 700 | 59–69 | | | | 88–109 | | | | | | |
| 5000 | 700 | 49–59 | | | | 54–69 | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [2] | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | — | | — | — | | — | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | — | | — | — | | — | | | | | |
| Межкристаллитная | | Материал в любом состоянии устойчив к МКК | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [2] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1150–900 | Сплав удовлетворительно деформируется в интервале температур 1150–900°C, охлаждение поковок на спокойном воздухе. | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1150–900 | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемый. Способы сварки: РД электродами ЦТ–22 для получения равнопрочного соединения и электродами ЦТ–10 для сварки малонагруженных деталей; РАД с присадкой проволоки ЭП 235 для сварки листа толщиной 1,5–2,5 мм и неплавящимися электродами для сварки особо тонкостенных труб с толщиной стенки до 0,6 мм с концевыми элементами | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Марка сплава | Вид поставки |
| 03X21H32M3Б (ЧС-33), 03X21H32M3Б-ВИ (ЧС-33-ВИ), 03X21H32M3Бу-ВИ (ЧС-33у-ВИ) | Сортовой прокат — ОСТ 95-29-72. Поковки — ОСТ 95-29-72, ТУ 302.02.026-89. Трубы — ТУ 3-342-78, ТУ 14-3-758-78, ТУ 14-3-760-78. Листы — ТУ 14-1-2511-78, ТУ 302.02.026-89. |

Массовая доля элементов, %

Сплав марки 03X21H32M3Б по ТУ 14-1-769-73

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|----|----|----|----|---|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb | N | Ti | Cu | Al | Co | Y |
| ≤ 0,03 | ≤ 1,00 | ≤ 0,80 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | 20,0- 22,0 | 31,0- 33,0 | 3,00- 4,00 | 0,30- 1,20 | ≤ 0,025 | — | — | — | — | — |

Сплав марки 03X21H32M3Б-ВИ по ТУ 14-1-760-78

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|-----------|-----------|-----------|----|---|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb | N | Ti | Cu | Al | Co | Y |
| ≤ 0,03 | ≤ 0,80 | ≤ 1,00 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | 20,0- 22,0 | 31,5- 33,0 | 3,00- 4,00 | 0,90- 1,20 | ≤ 0,025 | ≤ 0,10 | ≤ 0,20 | ≤ 0,12 | — | — |

Сплав марки 03X21H32M3Бу-ВИ по ТУ 14-1-760-78

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|---------------|------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb | N | Ti | Cu | Al | Co | Y |
| ≤ 0,03 | ≤ 0,35 | 0,30- 1,70 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 20,0- 22,0 | 31,5- 33,0 | 3,00- 4,00 | 0,90- 1,20 | ≤ 0,025 | ≤ 0,10 | ≤ 0,15 | ≤ 0,15 | ≤ 0,05 | По расчету 0,05 |

1. Допускается объединение трубной заготовки из сплава ЧС-33 и ЧС-33у-ВИ разных плавок в одну партию при условии, что вес трубной заготовки объединенной плавки не должен превышать 3 т.

2. Для этих сплавов допускаются отклонения по химическому составу в пределах ГОСТ 5632-72 за исключением азота.

Сплав марки 03X21H32M3Б-ВИ по ТУ 302.02.026-89

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|---------------|------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|-----------|-----------|----|----|---|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb | N | Ti | Cu | Al | Co | Y |
| ≤ 0,03 | ≤ 0,80 | 1,30- 1,70 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | 20,0- 22,0 | 31,5- 33,0 | 3,00- 4,00 | 0,90- 1,20 | ≤ 0,025 | ≤ 0,10 | ≤ 0,20 | — | — | — |

Допускаются отклонения по химическому составу в соответствии с ГОСТ 5632-72 за исключением азота.

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------------|----------------------|---------------|----------------------|--------------------------|----------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ОСТ 95-29- 72 | Аустенитизация | 1020- 1100 | Вода или воздух | Не оговари- вается | 20 | 216 | 540 | 35 | — | — | — | — |
| | | | | | 350 | 167 | 440 | — | — | — | — | — |

Примечания.

1. Для заготовок деталей из сплава, подведомственного "Правилам устройства и безопасной эксплуатации оборудования АЭС, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок", производится определение относительного сужения (ψ) при 20°C. Значение ψ не менее 45%. Одновременно для заготовок деталей III и IV групп определяются относительное сужение (ψ) и относительное удлинение (δ) при температуре 350°C. Значения ψ и δ при 350°C не являются сдаточными, но заносятся в документ о качестве.

2. Допускается проводить испытания механических свойств на поперечных, тангенциальных и радиальных образцах.

При проведении механических испытаний на поперечных, тангенциальных и радиальных образцах допускается снижение механических свойств: σ_b и $\sigma_{0,2}$ на 5%; δ и ψ на 25%.

3. Термообработанные заготовки проверяют на МКК по ГОСТ 6032-2003.

С обязательным выполнением УЗК (Примечание 26 к Приложению 9 ПНАЭГ-7-008-89).

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------------------------|--|-------|----------------------|----------------------------|-------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14- 3-760- 78 | Холоднодеформированные трубы в состоянии поставки | | | ϕ_n 16 s 1,4 и 2,5 | 20 | 216 | 539 | 28 | — | — | — | — |
| | | | | ϕ_n 18 s 2,0 | 350 | 196 | — | — | — | — | — | |
| | | | | ϕ_n 25 s 2,5 | 500 | 117 | — | — | — | — | — | |

Для труб определение склонности к МКК производится по ГОСТ 6032-2003 (продолжительность испытания 24 ч) с провоцирующим нагревом при температуре 650°C в течение 2 ч.

| 03X21H32M3Б (ЧС–33), 03X21H32M3Б–ВИ (ЧС–33–ВИ), 03X21H32M3Бу–ВИ (ЧС–33у–ВИ) | | | | | | Механические свойства | | | | | | |
|---|---|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 302.02.026–89 | Поковки в термообработанном состоянии (аустенитизация) | | | Не более | 20 | 215 | 490 | 30 | 55 | — | — | — |
| | | | | 300 | 350 | 165 | 440 | 25 | 50 | — | — | — |
| | | | | | 550 | 145 | 440 | 30 | — | — | — | — |
| | Листы, листовые штампованные заготовки в термообработанном состоянии (аустенитизация) | | | 30–80× | 20 | 215 | 490 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | 1300–1500× | 350 | 165 | 440 | 25 | 50 | — | — | — |
| | | | | 2300–6000 | 550 | 145 | 440 | 30 | — | — | — | — |

Примечания.

- Значения механических свойств относятся к продольным (для поковок) и к поперечным (для листов) образцам.
- Для деталей, работающих при температуре не более 100°С, испытание механических свойств производится при температуре 20°С. Для деталей, работающих при температуре более 100°С, но не более 350°С, испытание механических свойств производится при температурах 20°С и 350°С. Для деталей, работающих при температуре более 350°С, но не более 550°С, испытание механических свойств производится при температурах 20°С и 550°С.
- Механические свойства должны удовлетворять требованиям таблицы в следующих случаях:
 - после основной термообработки (аустенитизации) для деталей, не подвергаемых технологическим отпускам;
 - после основной термообработки и технологических отпусков для деталей, подвергаемых технологическим отпускам, включая отпуск на случай ремонта и монтажа (механические свойства определяются на пробах).
- Испытание механических свойств после дополнительных отпусков производится для деталей, входящих в сварную конструкцию.
- Металл заготовок должен обладать стойкостью против МКК.

Назначение. Трубные системы парогенераторов, трубы, листы, заготовки в виде поковок и штамповок.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 550°С (ПНАЭГ–7–008–89).

Сплав применяется только для изделий, работающих в контакте с жидкометаллическим теплоносителем (ПНАЭГ–7–008–89).

Сплав коррозионно-стойкий аустенитного класса.

Механические свойства при температурах испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | |
|---------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|---|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [7, 10] | Аустенитизация | ПС | Поковки, | 20 | 220 | 550 | 35 | 65 | — | — | — | | |
| | | | | прутки | 350 | 170 | 450 | 35 | 55 | — | — | — | |
| | | | | | 500 | 150 | 400 | 35 | 55 | — | — | — | |
| | | | Трубные заготовки | 20 | 220 | 550 | 35 | 65 | — | — | — | | |
| | | | | 350 | 170 | 450 | 35 | 55 | — | — | — | | |
| | | | | 500 | 150 | 450 | 35 | 55 | — | — | — | | |
| | | | Трубы бесшовные | 20 | 220 | 550 | 28 | — | — | — | — | — | |
| | | | | 350 | 200 | — | — | — | — | — | — | — | |
| | | | | | | 500 | 180 | — | — | — | — | — | — |

03X21H32M3Б (ЧС–33), 03X21H32M3Б–ВИ (ЧС–33–ВИ), 03X21H32M3Бу–ВИ (ЧС–33у–ВИ)

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------|---|-------------------|--|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ⁴ | 5·10 ⁴ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [10] | После аустенитизации | | | 500 | 450 | — | — | — |
| | | | | 550 | 280 | — | 180 | 130 |
| | | | | 600 | 200 | (140–150) | — | — |
| | | | | 650 | 150 | (105) | 110 | — |
| | | | | 700 | 110 | (70–80) | — | — |
| | | | | 750 | 50 | — | 20 | — |

В скобках приведены значения длительной прочности при линейной экстраполяции.

Коррозионная стойкость [10]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|---|--|-------|-----------------|----------------------|
| Коррозионное растрескивание (металл в аустенитизированном и наклепанном до 25% состояниях) | Капельная подача 3% раствора NaCl. Напряжение выше предела текучести | 150 | 4000 | Трещин не обнаружено |
| | | 200 | 4000 | |
| | | 250 | 4000 | |
| | Кипящий 42% раствор MgCl ₂ . Напряжение выше предела текучести | 150 | 4000 | Трещин не обнаружено |
| | | 200 | 4000 | |
| | | 250 | 4000 | |
| Межкристаллитная | Стойкость к МКК определялась для металла в аустенитизированном и наклепанном на 15% состояниях при температуре от 400 до 750°C после выдержек длительностью 10, 100, 500, 1000 и 3000 ч. МКК не обнаружено ни в одном из проведенных экспериментов | | | |

Стендовые испытания однотрубных моделей парогенераторов

Размер труб 16 × 2,5 и 16 × 3 мм

Конструкция имела сварные соединения

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|--------------|--|-------|-----------------|--|
| — | Содержание хлоридов в питательной воде 10–0,45 мг/кг; кислорода 10–0,2 мг/кг; тепловой поток 380–930·10 ³ Вт/м ² | 430 | 4850 | Исследование труб после испытаний показало отсутствие язвенной, точечной, межкристаллитной коррозии и коррозионного растрескивания |
| | | 540 | 1000 | |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1170–900 | До 350 | На воздухе | До 350 | На воздухе |
| Заготовка | 1170–900 | | | | |

Свариваемость

Трудно свариваемый.
Способы сварки: РД и РАД

Обработываемость резанием

По обработываемости резанием близок к сплаву 06ХН28МДТ.
K_v = 1,0 (твердый сплав),
K_v = 0,8 (быстрорежущая сталь)

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|-------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|--|
| 06ХН28МДТ (0Х23Н28М3Д3Т, ЭИ 943) | | Лента — ГОСТ 4986–79. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Трубы — ГОСТ 9941–81, ГОСТ 11068–81. Лист двухслойный — ГОСТ 10885–85. Поковки — ГОСТ 25054–81. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Cu | Ti | Fe | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| ≤ 0,06 | ≤ 0,80 | ≤ 0,80 | ≤ 0,020 | ≤ 0,035 | 22,0–25,0 | 26,0–29,0 | 2,50–3,00 | 2,50–3,50 | 0,50–0,90 | основа | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU ₁ , Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 5582–75 | Закалка | 1050–1080 | Воздух или вода | 0,7–3,9 | — | 540 | 35 | — | — | — | — | | | | |
| ГОСТ 5949–75 | Закалка | 1100–1150 | Воздух или вода | До 200 | По согласованию | | | | — | — | | | | | |
| ГОСТ 7350–77 | Закалка | 950–1080 | Вода | 4–50 | 215 | 540 | 35 | — | — | — | — | | | | |
| ГОСТ 9941–81 | В состоянии поставки термообработанные | | | ø 5–273 s 0,2–22 | — | 490 | 30 | — | — | — | — | | | | |
| ГОСТ 25054–81 | Закалка | 1050–1100 | Воздух или вода | До 200 | 216 | 510 | 36 | 40 | — | — | 200 | | | | |
| | | | | Свыше 200 до 500 | 216 | 510 | 33 | 35 | — | — | 200 | | | | |
| | | | | Свыше 500 до 1000 | 216 | 510 | 30 | 30 | — | — | 200 | | | | |
| Назначение. Сварные аппараты, теплообменники и другие детали, работающие в растворах, содержащих ионы хлора, серной, фосфорной кислот при температуре до 80°С, и других средах повышенной агрессивности, в производстве сложных минеральных удобрений. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сплав коррозионно-стойкий аустенитного класса. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | |
| [15] | Закалка | 1050 | Вода | Лист | – 196 | — | — | — | — | 200 | — | | | | |
| | | | | | 20 | 270 | 620 | 55 | 78 | 350 | — | | | | |
| | | | | | 200 | 270 | 550 | 45 | 75 | 350 | — | | | | |
| | | | | | 400 | 180 | 550 | 50 | 60 | 350 | — | | | | |
| | | | | | 600 | 150 | 500 | 45 | 60 | 350 | — | | | | |
| Механические свойства при повышенных температурах | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | n, об | M _{кр} , Н·м | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее | | |
| [15] | Закалка | 1050 | Вода | Лист | 800 | 180 | 250 | 40 | 45 | 110 | 3 | 180 | | | |
| | | | | | 900 | 150 | 180 | 30 | 40 | 120 | 6 | 130 | | | |
| | | | | | 1000 | 90 | 100 | 25 | 40 | 100 | 22 | 70 | | | |
| | | | | | 1100 | — | 50 | 35 | 40 | 100 | 24 | 100 | | | |
| | | | | | 1200 | — | — | — | — | — | 22 | 40 | | | |

06ХН28МДГ (0Х23Н28М3Д3Т, ЭИ 943)

Механические свойства при 20°C в зависимости от степени холодной пластической деформации

| НД | Степень обжатия, % | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|------|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|
| [15] | 0 | 240 | 590 | 24 | 60 | — | — | — |
| | 10 | 700 | 750 | 19 | 44 | — | — | — |
| | 20 | 700 | 800 | 12 | 45 | — | — | — |
| | 40 | 970 | 980 | 10 | 44 | — | — | — |
| | 60 | 1020 | 1050 | 5 | — | — | — | — |
| | 80 | — | 1200 | 5 | — | — | — | — |

Коррозионная стойкость

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|--|-------|-----------------|---|
| Общая | Вода, содержащая от 1 до 50 мг/кг хлор-ионов и 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | 350 | 3000 | 1 |
| | H ₂ SO ₄ 10–20 % | 80 | 100 | 1 |
| | H ₂ SO ₄ 80–90 % | 80 | 100 | 2 |
| Точечная | Вода, содержащая от 1 до 50 мг/кг хлор-ионов и 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | 350 | 3000 | 1 |
| Коррозионное растрескивание | Вода, содержащая до 50 мг/кг хлор-ионов и 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | 320 | 3000 | Трещин не обнаружено при напряжениях, равных $\sigma_{0,2}$ |
| Межкристаллитная | При испытании по методу В и ВУ ГОСТ 6032–2003 после закалки и провоцирующего нагрева сплав не должен проявлять склонность к МКК. | | | |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1170–900 | — | — | — | — |
| Заготовка | 1170–900 | | | | |

Свариваемость [15]

Трудно свариваемый.
Способы сварки: РД и РАД в защитном газе с применением флюса. Электроды ОЗЛ-17У и ОЗЛ-37-2 со стержнем из проволоки Св-03ХН25МДГБ и Св-03ХН25МДГ. Флюс марки АН-18.

Обработываемость резанием

В состоянии закалки при $\sigma_{в} = 490$ Н/мм²
K_v = 1,1 (твердый сплав),
K_v = 0,8 (быстрорежущая сталь)

| | |
|---------------------------|--|
| Марка сплава | Вид поставки |
| ХН32Т (ЭП 670) | Листы — ГОСТ 24982–81, ТУ 14–1–625–73. Заготовка трубная — ТУ 14–1–2111–77, ТУ 14–1–4319–87. Трубы — ТУ 14–3–489–76. Прутки — ТУ 14–1–284–72. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

| | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Fe | Al |
| ≤ 0,05 | ≤ 0,70 | ≤ 0,70 | ≤ 0,020 | ≤ 0,030 | 19,0–22,0 | 30,0–34,0 | 0,25–0,60 | остальное | ≤ 0,50 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU ₂ , Дж/см ² | HRC | HB |
|-----------------|--|-----------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|---------------------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 24982–81 | Лист холоднокатаный. | | | До 3,9 ¹ | 195 | 470 | 25 | — | — | — | — |
| | Закалка | 1100–1150 | Вода, водяной душ или воздух | | | | | | | | |
| | Лист горячекатаный. | | | ≥ 4,0 | 175 | 490 | 30 | — | — | — | — |
| ТУ 14–1–284–72 | Прутки. | | | Образцы ² 20–180 | 180 | 480 | 40 | 60 | — | — | — |
| | Закалка | 1100–1150 | Воздух | | | | | | | | |
| ТУ 14–1–625–73 | Лист толстый. ----- ПС | | | — | 175 | 490 | 30 | — | — | — | — |
| ТУ 14–1–4319–87 | Заготовка трубная ----- ПС | | | — | — | 470 | 40 | — | — | — | — |
| ТУ 14–3–489–76 | Труба горячекатаная и холоднокатаная. ----- ПС | | | — | 175 | 470 | 35 | 60 | — | — | — |

¹ При испытании на холодный изгиб при 20°C листы толщиной 0,8–3,9 мм должны выдерживать угол загиба на 180° без образования трещин, надрывов и расслоений.

² Образцы продольные.

Сплав выплавляется в открытых электропечах.

Назначение. Газоотводящие трубы, листовые детали высокотемпературных установок в нефтехимическом машиностроении с длительным сроком службы при температурах 700–850°C.

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU ₂ , Дж/см ² | HB |
|------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|---------------------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [15] | Закалка | 1100–1150 | Вода или воздух | Прутки | 20 | 196 | 520 | 54 | 80 | 350 | — |
| | | | | | 600 | 108 | 390 | 50 | 72 | 300 | — |
| | | | | | 700 | 98 | 250 | 60 | 60 | 300 | — |
| | | | | | 800 | 78 | 200 | 88 | 60 | 300 | — |
| | | | | | 850 | 74 | 180 | 75 | 70 | 300 | — |
| | | | | | 900 | 69 | 110 | 90 | 80 | 300 | — |
| | | | | | 1000 | 39 | 60 | 100 | 90 | 250 | — |

ХН32Т (ЭП 670)

Механические свойства сплава различного сортамента при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-----------|-------------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| [5] | Нагрев | 1100–1150 | Воздух | Прутки, 20–180 продольное | 180 | 480 | 40 | 60 | — | — |
| | Нагрев | 1100–1150 | Вода или воздух | | | | | | | |

При испытании на холодный изгиб при 20°C листы толщиной 0,8–3,9 мм должны выдерживать угол загиба на 180° без образования трещин, надрывов и расслоений.

Пределы длительной прочности

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | |
|---------|----------------------|-------|-------------------|-------|---|-------------------|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ² | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ |
| [1, 15] | Закалка | 1150 | Воздух | 650 | — | 110 | 78 |
| | | | | 700 | 110 | 80 | 55 |
| | | | | 750 | 89 | 56 | 38 |
| | | | | 800 | 60 | 40 | 27 |
| | | | | 850 | — | 25 | 15 |

Ударная вязкость при комнатной температуре после длительного старения, КСУ, Дж/см²

Жаростойкость

| t, °C | Время старения, ч | | | Среды | t, °C | Увеличение массы, г/м ² | База испытаний, ч |
|--|-------------------|------|-------|------------------|-------|------------------------------------|-------------------|
| | 100 | 1000 | 10000 | | | | |
| 600 | 380 | 180 | 140 | Спокойный воздух | 800 | 11 | 1000 |
| 700 | 350 | 220 | 200 | | | | |
| 800 | 370 | 340 | 380 | | | | |
| 850 | 370 | 360 | 390 | | | | |
| Закалка 1150°C на воздухе и старение. | | | | | | | |
| Упрочнение сплава и существенное изменение пластичности при старении не наблюдаются. | | | | Спокойный воздух | 800 | 0,03 | — |

В атмосфере спокойного воздуха сплав обладает высокой жаростойкостью до 1000°C

Жаростойкость [15]

Коррозионная стойкость

| Вид коррозии | Среды | t, °C | Длительность, ч | Предел длительной коррозионной прочности, Н/мм ² |
|-----------------------------|---|-------|-----------------|---|
| Общая | Кипящий 42% раствор хлористого магния | 154 | 500 | 400 |
| Точечная | — | — | — | — |
| Коррозионное растрескивание | — | — | — | — |
| Межкристаллитная | После старения при 650°C не склонен к МКК при испытании по методу АМ ГОСТ 6032–2003 | | | |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1130–850 | — | На воздухе | — | На воздухе |
| Заготовка | 1130–850 | | | | |

Свариваемость

Деформируемость

Хорошо сваривается всеми видами сварки

Сплав хорошо деформируется в холодном состоянии

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|---|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|----------------|
| ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД | | Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78. Прутки, полосы — ТУ 14–1–272–72. Листы — ТУ 14–1–1528–76. Арматура трубопроводов АЭС — ТУ 26–07–1165–77, ТУ 108.11.853–87. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | НД |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Fe | W | Ti | Cu | Al | |
| ≤ 0,12 | ≤ 0,60 | 1,00–2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,030 | 14,0–16,0 | 34,0–38,0 | остальное | 2,80–3,50 | 1,10–1,50 | ≤ 0,30 | — | ГОСТ 5632–72 |
| ≤ 0,12 | ≤ 0,60 | 1,00–2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,030 | 14,0–16,0 | 34,0–38,0 | остальное | 2,80–3,50 | 1,10–1,50 | ≤ 0,30 | ≤ 0,50 | ТУ 14–1–272–72 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | ККУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------------------------|--|---|----------------------|-------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 20700–75 | Аустенитизация Старение 2-ступенчатое | 1080–1100, 1–1,5 ч 850–900, 10 ч 700, 10–50 ч | Вода | Не ограничивается | 392 | 735 | 15 | 25 | 59 | — | ≥ 187 |
| | | | Воздух Воздух | | | | | | | | |
| не менее | | | | | | | | | | | |
| Болты, шпильки, пробки и хомуты | | | | | | | | | | | |

Примечания.

1. Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
3. Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.
4. Пределная температура среды для болтов, шпилек, пробок, хомутов и гаек до 650°C при условном давлении P_y (Н/мм²) не ограниченном.
5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше $10^4/\sigma_{в}$ (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.
6. Продолжительность старения сплава ХН35ВТ (ЭИ 612) определяется содержанием Ti в сплаве. При содержании Ti на нижнем пределе 1,1–1,2% заготовок диаметром (толщиной) до 100 мм продолжительность старения 10–50 ч, свыше 100 мм — не менее 50 ч, при большем содержании Ti продолжительность старения 10–50 ч.

Только для оборудования и трубопроводов группы С (Примечание 6 к Приложению 9 ПНАЭГ–7–008–89).

Пределы длительной прочности и ползучести

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
|---------------|------------------------|-------------------------------|-------------------|---------|---|-------------------|-------------------|--|-------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| ГОСТ 20700–75 | Аустенитизация | 1080–1100, 1–1,5 ч | Вода | 500 | — | 441 | 353 | — | — |
| | | | | 525 | — | 392 | 323 | — | — |
| | | | Воздух | 550–565 | — | 382 | 314 | — | — |
| | | | | 580 | — | — | — | — | 180 |
| | Старение 2-ступенчатое | 850–900, 10 ч 700, 10–50 ч | Воздух | 580–600 | — | 255–304 | 206–255 | — | — |
| | | | | 600 | — | — | — | — | 130–140 |
| | | | Воздух | 650 | — | 196 | 157 | — | — |
| | | | | 700 | — | 137 | 98 | — | — |

Релаксационная стойкость

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время t, ч | | | | | | НВ | |
|---------------|------------------------|-------------------------------|-------------------|-------|--------------------------------|--|-----|------|------|------|------|-----|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 5000 | 8000 | | 10000 |
| ГОСТ 20700–75 | Аустенитизация | 1080–1100, 1–1,5 ч | Вода | 500 | 441 | 343 | 337 | 336 | 332 | 320 | — | 318 | ≥ 207 |
| | | | | 600 | 147 | 136 | 135 | 134 | 133 | 132 | 132 | 128 | |
| | | | | 600 | 196 | 179 | 177 | 176 | 173 | 170 | 168 | 167 | |
| | | | Воздух | 600 | 245 | 219 | 215 | 213 | 209 | 205 | 200 | 196 | |
| | | | | 600 | 294 | 248 | 244 | 241 | 234 | 229 | 223 | 221 | |
| | | | | 650 | 147 | 129 | 128 | 126 | 119 | 116 | 113 | 110 | |
| | Старение 2-ступенчатое | 850–900, 10 ч 700, 10–50 ч | Воздух | 650 | 196 | 172 | 165 | 161 | 153 | 146 | 140 | 139 | |
| | | | | 650 | 245 | 206 | 201 | 195 | 181 | 177 | 163 | 157 | |
| | | | | 650 | 441 | 245 | 237 | 228 | 199 | 186 | 171 | 162 | |

| ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД | | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------|---------------|---------------------|-----------------------|-------|--|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | КП |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23304-78 | Аустенитизация | 1080-1100 | Вода | Не ограничивается | 20 | Болты, шпильки, гайки, плоские подкладные шайбы, выпуклые и вогнутые сферические шайбы | | | | | | |
| | | 850-900, 10 ч | Воздух ² | | | 392-588 ³ | 735 | 15 | 25 | 59 | ≥ 207 | 395 |
| | | 700, 10-50 ч | Воздух ² | | | 343 | — | — | — | — | — | — |

¹ При массовой доле титана в сплаве на нижнем пределе продолжительность старения составляет 50-100 ч.

² Крупные поковки охлаждаются с печью до 200-300°C.

³ Допускается применение сплава без ограничения верхнего значения $\sigma_{0,2}$ для крепежных изделий, не находящихся в непосредственном контакте с коррозионно-активной средой.

Примечания.

1. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм, указанных в таблице для $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , ψ , КСУ соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%.

2. Для крепежных деталей групп качества 0, 0a и 1 производить дополнительно определение ударной вязкости КСВ на образцах типа 11 по ГОСТ 9454-78.

3. На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футурки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.

4. В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин.

Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более.

Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3a контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.

5. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 395; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 395; для сферических шайб выпуклых и вогнутых — с КП 395.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|----------------|----------------------|--------------------|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-272-72 | Закалка | 1080-1100, 1-1,5 ч | Вода | Прутки: горячекатаные $\phi 60-70^{+2,5}$, $\phi 75^{+3}$, кованые до 125, квадратного сечения 150_{-3}^{+7} , 200_{-5}^{+10} | 390 | 740 | 15 | 35 | 69 | — | — |
| | | 850-900, 10 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | | 700±10, 25-50 ч | Воздух | | | | | | | | |

Примечания.

Термообработка производится в заготовках $\phi 20-25$ мм, а для прутков сечением менее 25 мм в полном сечении прутка.

Контроль ударной вязкости на крупных профилях производится от $\phi 16$ мм, на квадратных — от 12 мм и выше.

Продолжительность старения при 700°C определяется содержанием Ti в сплаве. При содержании Ti на нижнем пределе 1,1-1,2% продолжительность старения 50 ч, при большем содержании 25-40 ч.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|------------------|---|-------|-------------------|------------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 26-07-1165-77 | Термообработка в соответствии с ГОСТ 23304-78 | | | Наибольшее сечение 60 ⁴ | 20 | 392 | 735 | 15 | 35 | 59 | — | — |
| | | | | | 325 | 382 | — | — | — | — | — | — |

⁴ Если сечение превышает табличную величину, то допускается снижение механических свойств в соответствии с ОСТ 26-07-1419-76 и ГОСТ 8479-70.

| ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ–ВД | | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|--|---|---|-------------------|-----------------------|--|---|--------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|---------|--|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 108.11.853–87 | ПС | | | До 200 | 20 | 392 | 735 | 15 | 25 | 59 | — | ≤ 207 |
| | | | | | 350 | 343 | 588 | — | 20 | — | — | |
| | | | | До 200 ⁵ | 20 | 392 | 735 | 15 | 25 | 59 | — | ≤ 207 |
| | | | | | 350 | 343 | 588 | — | 25 | — | — | |
| ⁵ Механические свойства марки сплава ХН35ВТ–ВД. | | | | | | | | | | | | |
| Примечания. Значения механических свойств относятся к продольным образцам. В случае испытания механических свойств на тангенциальных или радиальных образцах допускается снижение механических свойств от норм таблицы: при испытаниях на тангенциальных образцах σ_b и $\sigma_{0,2}$ — на 5% каждого; δ и KCV — на 25% каждого; ψ — на 20%; при испытании на радиальных образцах: σ_b и $\sigma_{0,2}$ — на 10% каждого; δ и ψ — на 35% каждого; KCV — на 40%. Для деталей, работающих при температуре не более 100°C, испытание производится при температуре 20°C. Для деталей, работающих при температуре более 100°C и не более 350°C, испытание производится при температуре 20°C и 350°C. | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCV, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14–1–1528–76 | Поставляются в нагартованном состоянии, выправленными, с обрезными кромками | | | Толщина от 1,5 до 3,0 | Листы поставляются без определения механических свойств | | | | | | | |
| Назначение. Крепежные детали, ответственные детали, плоские пружины, лопатки газовых турбин, диски, роторы и другие детали, работающие при температуре до 650°C. Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ–7–008–89). Сплав жаропрочный. [Группа III]. Сплав может выплавляться с применением ВДП. | | | | | | | | | | | | |
| НД | Предел выносливости, Н/мм ² | | | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C [1] | | | | | | Термообработка |
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | t, °C | | +20 | 0 | –20 | –40 | –60 | –80 | |
| [1] | 333 | — | 10 ⁷ | 500 | Закалка с 1080–1100°C, 1 ч, вода. Старение: 850°C, 10 ч; 700°C, 25–50 ч | 69–108 | 117–147 | 118–176 | 127–137 | 127–157 | 118–147 | Диск диаметром 1000 мм, высотой 275 мм. Закалка 1090°C, 1,5 ч, вода. Старение: 850°C, 10 ч; 700°C, 20 ч; 600°C, 30 ч. 207–228 HB. Образцы тангенциальные |
| | 314 | — | 10 ⁷ | 600 | | | | | | | | |
| | 225–265 | — | 10 ⁷ | 650 | | | | | | | | |
| [3] | 300 | — | 10 ⁷ | 650 | Аустенитизация 1180°C, 1ч, вода. Старение 2-ступенчатое: 780°C, 8–10 ч, воздух; 730°C, 25 ч, воздух | | | | | | | |
| | 230 | — | 10 ⁶ | 650 | | | | | | | | |
| t, °C | $\sigma_{стат}$, Н/мм ² | Предел выносливости, σ_{-1} , Н/мм ² , при симметричном и ассиметричном циклах нагружения N [5] | | | | | | | | | | |
| | | 10 ⁵ | 10 ⁶ | 10 ⁷ | 10 ⁸ | 10 ⁸ | 10 ⁹ | | | | | |
| 500 | — | — | — | — | 340 | 200 | — | | | | | |
| 600 | — | — | — | — | 320 | — | — | | | | | |
| 650 | — | 305 | 290 | 280 | 123–275 ¹ | 200 | >220 | | | | | |
| 650 | 70 | 290 | 240 | 215 | 200 | — | — | | | | | |
| 650 | 150 | 250 | 170 | 145 | 130 | — | 110 | | | | | |
| 650 | 225 | 225 | 200 | 170 | 145 | — | 120 | | | | | |
| 650 | 300 | 230 | 185 | 140 | 90 | — | — | | | | | |
| Тип образца | | Гладкий | Гладкий | Гладкий | Гладкий | С надрезом | Гладкий | | | | | |
| ¹ В зависимости от частоты нагружения и величины зерна. | | | | | | | | | | | | |
| В среде воздух + 5% SO ₂ предел выносливости снижается на 5–14%. | | | | | | | | | | | | |
| Относительное удлинение образцов после длительных испытаний [5] | | | | | | | | | | | | |
| t, °C | | | | τ, ч | | | | δ, % | | | | |
| 550–560 | | | | 10000 | | | | 3 | | | | |
| 600 | | | | 15000 | | | | 1 | | | | |
| 630 | | | | 10000 | | | | 2 | | | | |
| 650 | | | | 10000 | | | | 8 | | | | |
| 700 | | | | 5000 | | | | 12 | | | | |

ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
|-----|---|---|--------------------------|---------------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [3] | Аустенитизация Старение 2-ступенчатое | 1080–1100, 1–1,5 ч 850, 10 ч 700, 25–50 ч | Вода Воздух Воздух | Прутки, образцы продоль- ные | 20 | 500 | 850 | 18 | 40 | 60 | — | |
| | | | | | | | | | | | | не менее |
| | Аустенитизация Старение 2-ступенчатое | 1180, 1 ч 780, 8–10 ч 730, 25 ч | Вода Воздух Воздух | | — | 20 | 440 | 800 | 18 | 30 | 80 | — |
| | | | | | | 200 | 440 | 740 | 20 | 37 | 140 | — |
| | | | | | | 300 | 440 | 730 | 16 | 30 | 90 | — |
| | | | | | | 400 | 440 | 710 | 19 | 35 | 100 | — |
| | | | | | | 500 | 420 | 680 | 15 | 23 | 90 | — |
| | | | | | | 550 | 420 | 680 | 17 | 37 | 130 | — |
| | | | | | | 600 | 400 | 640 | 15 | 30 | 65 | — |
| | | | | | | 630 | 390 | 630 | 21 | 27 | 100 | — |
| | | | | | | 650 | 370 | 510 | 10 | 15 | 100 | — |
| | | | | | | 700 | 370 | 460 | 9 | 11 | 100 | — |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|---|---|---|--|--------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [1] | Аустенитизация Старение 2-ступенчатое | 1090, 1 ч 850, 10 ч 700, 25–40 ч | Вода Воздух Охлаждение с печью | Сортовой прокат, образцы продоль- ные | 20 | 431–617 | 784–853 | 18–30 | 30–55 | 78–176 | — |
| | | | | | 500 | 412–470 | 666–745 | 15–23 | 23–53 | 88–167 | — |
| | | | | | 550 | 412–500 | 666–774 | 17–23 | 37–53 | 127–157 | — |
| | | | | | 600 | 392–500 | 627–715 | 15–25 | 30–48 | 64–137 | — |
| | | | | | 650 | 362–529 | 500–686 | 10–23 | 15–38 | 98–176 | — |
| | | | | | 700 | 362–441 | 451–490 | 9–31 | 11–48 | 98–157 | — |
| | Аустенитизация Старение 2-ступенчатое | 1090, 1 ч 850, 10 ч 700, 25–40 ч | Вода Воздух Охлаждение с печью | Поковки диска ϕ 450–1000 высота 180–275 | –100 | — | — | — | — | 137–167 | — |
| | | | | | –60 | — | — | — | — | 127–157 | — |
| | | | | | –40 | — | — | — | — | 127–137 | — |
| | | | | | –20 | — | — | — | — | 118–176 | — |
| | | | | | 0 | — | — | — | — | 118–147 | — |
| | | | | | 20 | 392–637 | 706–980 | 13–31 | 14–50 | 39–167 | — |
| 600 | 372–529 | 529–784 | 10–21 | 15–42 | 44–118 | — | | | | | |
| 650 | 353–519 | 490–715 | 8–19 | 14–37 | 39–127 | — | | | | | |
| 700 | 353–480 | 490–588 | 6–10 | 9–19 | 49–118 | — | | | | | |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
|-----|----------------------------|--|--------------------------|--|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [5] | Аустенитизация Старение | 1080–1130 850–900, 10 ч 700, 25–50 ч | Вода Воздух Воздух | Поковки ϕ 450–1000 высота 180–275 Слиток 2–9 т | 20 400 500 600 650 700 750 800 900 | Образцы тангенциальные | | | | | | |
| | | | | | | 400 | 720 | 13 | 14 | 40 | — | |
| | | | | | | 380 | 660 | 16 | 22 | 50 | — | |
| | | | | | | 380 | 660 | 12 | 24 | 50 | — | |
| | | | | | | 380 | 540 | 10 | 15 | 45 | — | |
| | | | | | | 360 | 500 | 8 | 14 | 40 | — | |
| | | | | | | 360 | 500 | 6 | 9 | 50 | — | |
| | | | | | | 320 | 370 | 5 | 7 | 100 | — | |
| | | | | | | 140 | 200 | 9 | 16 | 90 | — | |
| | | | | | | 125 | 145 | 23 | 38 | — | — | |
| | | | | | | Образцы радиальные | | | | | | |
| | | | | | | 20 | 400 | 710 | 10 | 15 | 40 | — |
| | | | | | | 650 | 390 | 550 | 6 | 6 | 35 | — |
| | | | | | | 700 | 360 | 480 | 7 | 13 | 50 | — |
| | | | | | | Образцы осевые | | | | | | |
| | | | | | | 20 | 400 | 650 | 7 | 7 | 35 | — |
| | | | | | | 600 | 380 | 540 | 7 | 6 | 54 | — |
| | | | | | | 650 | 370 | 520 | 5 | 9 | 25 | — |
| 700 | 340 | 460 | 6 | 5 | 35 | — | | | | | | |

Состав сплава: 0,06–0,12% С; 14,07–15,90% Cr; 34,58–36,69% Ni; 2,83–3,50% W; 1,05–1,54% Ti.

| ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------------------------|-------------------|-------|---|-------------------|-------------------|--|-------------------|
| Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ |
| [3] | Аустенизация | 1180, 1 ч | Вода | 500 | — | 450 | 360 | — | — |
| | | | | 525 | — | 400 | 330 | — | — |
| | | | | 550 | — | 390 | 320 | — | — |
| | Старение 2-ступенчатое | 780, 8–10 ч 730, 25 ч | Воздух Воздух | 600 | 320 | 260 | 210 | — | 180 |
| | | | | 630 | 250 | 210 | 180 | — | 150 |
| | | | | 650 | 220 | 200 | 160 | 170 | 130 |
| | | | | 700 | — | 140 | 100 | 110 | 80 |

Сплав не чувствителен к надрезу.

В условиях длительных испытаний имеет хорошую пластичность при разрыве, которая после 10000 ч испытаний составляет 5% при 650°C и 1–1,5% при 600°C.

Допускается рабочая деформация для сплава 0,5–1,0%.

Сплав жаростоек при температурах до 800°C при длительной эксплуатации.

| Релаксационная стойкость | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------|-------|------------------------------------|--|-----|------|------|------|------|-------|----|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ ₀ , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ _т , Н/мм ² , за время τ, ч | | | | | | | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 500 | 1000 | 3000 | 5000 | 8000 | 10000 | |
| [3] | Аустенизация | 1180, 1 ч | Вода | 525 | 350 | 308 | 308 | 306 | 304 | 304 | — | 302 | — |
| | | | | 525 | 300 | 270 | 270 | 269 | 268 | 268 | — | 268 | — |
| | | | | 560 | 300 | 240 | 239 | 238 | 237 | 236 | — | 233 | — |
| | | | | 560 | 250 | 228 | 226 | 224 | 222 | 221 | — | 218 | — |
| | | | | 560 | 200 | 178 | 177 | 175 | 174 | 174 | — | 172 | — |
| | | | | 600 | 250 | 223 | 219 | 217 | 213 | 209 | — | 200 | — |
| | Старение 2-ступенчатое | 780, 8–10 ч 730, 25 ч | Воздух Воздух | 600 | 200 | 182 | 180 | 179 | 176 | 173 | — | 170 | — |
| | | | | 600 | 150 | 139 | 138 | 137 | 136 | 135 | — | 130 | — |
| | | | | 650 | 250 | 210 | 205 | 199 | 184 | 180 | — | 160 | — |
| | | | | 650 | 200 | 175 | 168 | 164 | 156 | 149 | — | 140 | — |
| | | | | 650 | 150 | 132 | 130 | 121 | 121 | 118 | — | 112 | — |
| | | | | 680 | 200 | 152 | 139 | 124 | 109 | 100 | — | 78 | — |
| | | | | 680 | 150 | 120 | 115 | 109 | 101 | 90 | — | 71 | — |

Механические свойства сплава при 20°C после длительного старения (образцы продольные)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | ККУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-------|-------------------|---|--------------------|--------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ, ч | | | | | | |
| | | | | | не менее | | | | | | | |
| [5] | ПС | | | Прутки. Поковки дисков танген- циальные | Исходное состояние | | 460 | 760 | 15 | 15 | 40 | — |
| | | | | | 550 | 10000 | 570 | 910 | 21 | 21 | 50 | — |
| | | | | | 550 | 25000 | 560 | 890 | 17 | 17 | 50 | — |
| | | | | | 600 | 10000 | 530 | 880 | 15 | 19 | 30 | — |
| | | | | | 600 | 30000 | 470 | 810 | 19 | 23 | 45 | — |
| | | | | | 650 | 10000 | 480 | 800 | 18 | 22 | 50 | — |
| | | | | | 650 | 30000 | 400 | 800 | 17 | 18 | 40 | — |
| | | | | | 650 | 6000 | 370 | 770 | 23 | 23 | 40 | — |
| | | | | | 650 | 100000 | 320 | 570 | 16 | 30 | 60 | — |
| | | | | | 700 | 3000 | 430 | 770 | 12 | 11 | 40 | — |
| | | | | | 700 | 10000 | 350 | 700 | 16 | 20 | 40 | — |
| | | | | | 700 | 30000 | 330 | 700 | 22 | 28 | 75 | — |
| | | | | | 700 | 60000 | 310 | 670 | 24 | 34 | 55 | — |
| | | | | | 750 | 100 | 260 | 670 | 24 | 36 | 70 | — |
| | | | | | 750 | 3000 | 260 | 650 | 24 | 39 | 90 | — |
| | | | | | 750 | 20000 | 250 | 600 | 27 | 41 | 95 | — |
| 800 | 100 | 250 | 580 | 28 | 47 | 90 | — | | | | | |
| 800 | 1000 | 230 | 570 | 31 | 48 | 110 | — | | | | | |

ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД

Механические свойства при различных температурах после длительного старения (образцы продольные)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ |
|-----|---------------------------------------|-------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [5] | Термическая обработка рекомендованная | | | Прутки | 20 | 500 | 850 | 18 | 40 | 60 | — |
| | Старение | 1180, 1 ч | Вода | | 20 | 40 | 800 | 18 | 30 | 80 | — |
| | | 780, 8–10 ч | | | 200 | 440 | 740 | 20 | 37 | 140 | — |
| | | 730, 25 ч | | | 300 | 440 | 730 | 16 | 30 | 90 | — |
| | | | | | 400 | 440 | 710 | 19 | 35 | 10 | — |
| | | | | | 500 | 420 | 680 | 15 | 23 | 90 | — |
| | | | | | 550 | 420 | 680 | 17 | 37 | 130 | — |
| | | | | | 600 | 400 | 640 | 15 | 30 | 650 | — |
| | | | | | 630 | 390 | 630 | 21 | 17 | 100 | — |
| | 650 | 370 | 510 | 10 | 15 | 100 | — | | | | |
| | 700 | 370 | 460 | 9 | 11 | 100 | — | | | | |

Механические свойства сплава при температуре 20°C после испытания на ползучесть (сортовые заготовки, поковки)

| НД | Режим термообработки | | | Ползучесть | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-------|-------------------|--------------------|------------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | σ , Н/мм ² | τ , ч | | | | | | |
| [5] | ПС | | | Исходное состояние | | | 500 | 830 | 15 | 20 | — | — |
| | | | | 600 | 200 | 28000 | 580 | 910 | 26 | 41 | — | — |
| | | | | 650 | 110 | 10000–65000 | 490 | 870 | 20 | 22 | 87 | — |
| | | | | 700 | 80 | 25000 | 460 | 850 | 25 | 41 | 110 | — |

Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч [1]

1,1–1,2 (при 650°C)

Жаростойкость

| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч [1] | | | НД | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч |
|---|-----|--------|---|--|----------------------|---------------------------|-------------------|
| Исходное состояние | | | [1] | Воздух | 650 | 0,014 | 600 |
| | | | | Перегретый пар | 650 | 0,020 | 600 |
| 25000 | 550 | 50–130 | [5] | Воздух | 650 | 0,005 | 125000 |
| | | | | Воздух | 750 | 0,012 | 125000 |
| | | | | 3,2% CO ₂ + 17,55% O ₂ + 75,72% N ₂ + 3,5% H ₂ O + 0,03% SO ₂ | 670–680 ¹ | 0,0032 | 125000 |
| | | | | Воздух + 0,03% SO ₂ + 4,5% CO ₂ + 6% H ₂ O | 750 | 0,038 | 125000 |
| 30000 | 600 | 45–115 | По испытаниям в газотурбинной установке, работающей на дизельном топливе марки Л. | | | | |
| 100000 | 650 | 60–80 | НД | Среда | t, °C | Глубина окисления, мм/год | Группа стойкости |
| | | | [4] | Воздух | 800 | 0,038 | 4 |
| | | | | | 750 | 0,012 | 4 |
| | | | | 650 | 0,005 | 3 | |

Коррозионная стойкость [1]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|---|-------|-----------------|--|
| Общая | Вода деминерализованная | 320 | 3000 | 1 |
| Точечная | Вода деминерализованная | 320 | 3000 | Не подвержена |
| Коррозионное растрескивание | Вода, содержащая 200 мг/кг Cl ⁻ и 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | 320 | 3000 | Трещин нет при $\sigma > \sigma_{0,2}$ |
| Межкристаллитная | Не определяется | | | |

Технологические характеристики [1, 2]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1170–850 | До 250 | На воздухе | До 300 | На воздухе |
| Заготовка | 1170–850 | | | | |

Свариваемость

Трудно свариваемый.
Способы сварки: РД, РАД и КТ.
Для снятия сварочных напряжений рекомендуется последующая термообработка

Обработываемость резанием

В термообработанном состоянии при 217 НВ и $\sigma_b = 750$ Н/мм²
K_v = 0,7 (твердый сплав),
K_r = 0,45 (быстрорежущая сталь)

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|--|--|---|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|----------------|----------------------|
| ХН35ВТК (ЭИ 612К) | | Сортовой прокат — НД заводов-изготовителей. Поковки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Co | Fe | W | Ti | Al | B |
| ≤ 0,10 | ≤ 0,50 | 1,00–2,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 14,0–16,0 | 34,0–38,0 | 3,50–4,50 | остальное | 2,80–3,50 | 1,20–1,60 | — | 0,01 (по расчёту) |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 1080–1100 | Вода | До 125 | 350 | 650 | 15 | 35 | 59 | — | 217–255 | |
| | Отпуск | 700, 5 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | Старение 2-ступенчатое | 850, 10 ч 700, 25–50 ч | Воздух с печью до 200–300°C | 200–250 | 400 | 750 | 15 | 25 | 50 | — | 229 | |
| Назначение. Диски, лопатки, крепеж и другие детали, работающие при температуре до 700°C. Сплав жаропрочный. Сплав может выплавляться с применением ВДП. | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | — | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | — | |
| — | | — | | | — | | | | | | — | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость | | | | | | | | |
| 1,1–1,2 (при 650 и 700°C) | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | | | База испытаний, ч | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | По жаростойкости близок к сплаву ХН35ВТ (ЭИ 612) | | | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 50–111 | | | | | | | | | | |
| 30000 | 550 | 30–60 | | | | | | | | | | |
| 30000 | 600 | 20–50 | | | | | | | | | | |
| 30000 | 650 | 50–100 | | | | | | | | | | |
| 30000 | 700 | 70–80 | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | | Балл стойкости | | | |
| Общая | | По коррозионной стойкости близок к сплаву ХН35ВТ (ЭИ 612) | | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1170–900 | | | На воздухе | | | | На воздухе | | | | |
| Заготовка | 1170–900 | | | На воздухе | | | | На воздухе | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | | |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Для снятия сварочных напряжений рекомендуется последующая термообработка. | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 229 НВ и $\sigma_b = 650$ Н/мм ² K _r = 0,6 (твердый сплав), K _r = 0,4 (быстрорежущая сталь) | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| | | | | | | | — | — | — | — | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|----------------|------------------------------------|---|--|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|
| ХН35ВТЮ (ЭИ 787) | | Сортовой прокат — ТУ 108.11.853–87. Прутки горячекатаные и кованные — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Fe | B | W | Ti | Al | Cu |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,60 | ≤ 0,60 | ≤ 0,020 | ≤ 0,030 | 14,0–16,0 | 33,0–37,0 | остальное | ≤ 0,020 | 2,80–3,50 | 2,40–3,20 | 0,70–1,40 | ≤ 0,30 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [2] | Закалка | 1180–1200, 2,5–8,0 ч | Воздух | 32–55 | 650 | 950 | 6 | 8 | 30 | — | — | |
| | Закалка | 1040–1060, 4 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | Старение | 750–800, 16 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| <p>Назначение. Рабочие лопатки газотурбинных и других двигателей, работающие при температуре до 750°C; компрессорные лопатки, работающие при температуре до 750°C; диски, кольца, работающие при температуре до 750°C.</p> <p>Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ–7–008–89).</p> <p>Сплав жаропрочный.</p> | | | | | | | | | | | | |
| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | Термообработка | НД | t, °C | Пределы длительной прочности и ползучести | | | | | | |
| | σ_{-1} | τ_{-1} | | | | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | |
| 550 | 280 | — | Закалка 1150–1160°C, 6–10 ч, воздух | [2] | 550 | 539–617 | — | — | | | | |
| 750 | 270 | — | | 600 | 412–441 | | | | | | | |
| 550 | 300 | — | Закалка 1050°C, 4 ч, воздух, старение 830°C, 16 ч, воздух | [1] | 650 | 216–255 | 245 | 176 | | | | |
| 700 | 300 | — | | | 700 | 157–225 | | | | | | |
| 750 | 280 | — | | | 750 | — | | | — | 98 | | |
| 800 | 250 | — | | 800 | — | 127 | — | | | | | |
| Механические свойства в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [1, 2] | Закалка | 1180–1200, 2,5–8,0 ч | Воздух | Прутки | 20 | 686–902 | 882–1313 | 7–22 | 10–25 | 24–83 | 302–354 | |
| | | | | | 400 | 686–813 | 882–1156 | 11–12 | 12–16 | — | — | |
| | Закалка | 1050, 4 ч | Воздух | Образцы | 500 | 686–833 | 882–1127 | 5–16 | 6–24 | — | — | |
| | | | | | 600 | 676–813 | 882–1078 | 12–14 | 12–18 | — | — | |
| | Старение | 750–800, 16 ч | Воздух | продольные | 700 | 686–813 | 725–951 | 5–15 | 8–23 | 54–59 | — | |
| | | | | | 750 | 586–784 | 588–872 | 4–11 | 6–19 | 29–39 | — | |
| | | | | | 800 | 588–686 | 666–735 | 13–15 | 22–28 | 49–59 | — | |
| | | | | | 850 | 323–343 | 353–372 | 19–21 | 46–48 | — | — | |
| | | | | | 900 | 196–235 | 206–245 | 20–23 | 50–60 | — | — | |
| Механические свойства стали при 20°C в зависимости от тепловой выдержки | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Тепловая выдержка | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | |
| [4] | Закалка | 1180, 5 ч | Воздух | Пруток ø 45 | 700 | 1000 | 740 | 1090 | 9 | 9 | 34 | 310 |
| | Старение | 1000, 4 ч | Воздух | | 700 | 6000 | 660 | 930 | 5 | 5 | 12 | 300 |
| | Старение | 900, 8 ч | Воздух | | 750 | 100 | 670 | 1080 | 10 | 10 | 26 | 300 |
| | Старение | 850, 15 ч | Воздух | | 750 | 6000 | 660 | 850 | 4 | 4 | 12 | 310 |
| | Старение | 750, 20 ч | Воздух | | 750 | 10000 | 550 | 830 | 5 | 6 | — | 280 |

| ХН35ВТЮ (ЭИ 787) | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|----|
| Механические свойства в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [4] | Закалка | 1150–1160 | Воздух | Пруток | 20 | 600–823 | 1030–1220 | 11–22 | 14–29 | 34–69 | — |
| | Закалка | 1050, 6–10 ч | Воздух | ø 45–90 | 550 | 590–755 | 980–1030 | 12–16 | 17–28 | 59–64 | — |
| | Старение | 830, 4 ч | Воздух | | 600 | 590–755 | 980 | 13 | 26 | 59 | — |
| | Старение | 830, 16 ч | Воздух | | 700 | 590–744 | 720–900 | 6–15 | 10–23 | 54–59 | — |
| | Закалка | 1180, 5 ч | Воздух | Пруток | 20 | 780 | 1210 | 16 | 23 | 20 | — |
| | Старение | 1000, 4 ч | Воздух | ø 45 | 400 | 690 | 1030 | 8 | 14 | 29 | — |
| | Старение | 900, 8 ч | Воздух | | 500 | 630 | 970 | 8 | 18 | 39 | — |
| | Старение | 850, 15 ч | Воздух | | 600 | 660 | 940 | 9 | 24 | 34 | — |
| | Старение | 470, 20 ч | Воздух | | 700 | 590–640 | 730–780 | 11–15 | 18–25 | 49 | — |
| | | | | | 800 | 400 | 440 | 23 | 31 | — | — |
| | Закалка | 1150–1160, 6–10 ч | Воздух | Диск ø 540–725 | 20 | 590–710 | 1090–1170 | 16–20 | 19–32 | 54–73 | — |
| | Старение | 830, 16 ч | Воздух | Высота | 450 | — | 940–1060 | 12–17 | 19–29 | — | — |
| | | | | 115–175 | 700 | 590–670 | 740–810 | 16–18 | 22 | — | — |
| | | | | Образцы тангенциальные | 750 | 590–670 | 660–710 | 9–15 | 18–22 | — | — |
| | Закалка | 1050, 8 ч | Воздух | Образцы | 20 | 710–720 | 1210–1220 | 24–32 | 44 | 146–165 | — |
| | Старение | 750, 16 ч | Воздух | | –20 | 680 | 1220–1250 | 23–30 | 39–40 | 148–162 | — |
| | | | | | –40 | 710–750 | 1270–1300 | 30–33 | 44–48 | 147–185 | — |
| | | | | | –60 | 720–740 | 1190–1270 | 30–32 | 44–48 | 158 | — |
| | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1180, 5 ч | Воздух | Образец ø 6 | 800 | 610 | 630 | 7 | 12 | — | — |
| | | | | 900 | 220 | 220 | 43 | 92 | — | — | |
| | | | длина 30 | 1000 | 99 | 105 | 82 | 100 | — | — | |
| | | | кованый и | 1100 | 50 | 55 | 81 | 100 | — | — | |
| | | | прессованный | 1200 | 34 | 37 | 28 | 40 | — | — | |
| Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с. | | | | | | | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость [2] | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | | База испытаний, ч | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [2] | | | | Окалиностойкий до 750°C | | | | | | | |
| Время, ч | t, °C | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 30 | | | | | | | | | |
| 10000 | 700 | 11 | | | | | | | | | |
| 6000 | 750 | 12 | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 8] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1100–900 | До 450 | | На воздухе | | До 450 | | На воздухе | | | |
| Заготовка | 1110–900 | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Для снятия сварочных напряжений рекомендуется последующая термообработка | | | | | В термообработанном состоянии при 340–364 НВ и $\sigma_b = 950$ Н/мм ² $K_v = 0,15$ (твердый сплав), $K_v = 0,10$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|-----------------------------------|---|---------------------------------------|---|-----------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|-----------------|--|-----------------|--|
| ХН35ВТР (ЭИ 725) | | Лист — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Ce | B | Fe | | | | |
| ≤ 0,10 | ≤ 0,60 | ≤ 1,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,030 | 14,0–16,0 | 35,0–38,0 | — | — | 4,00–5,00 | 1,10–1,50 | 0,025 (по рас- чету) | 0,005 (по рас- чету) | осталь- ное | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 1130–1150 | Воздух | 5–50 | 400 | 750 | 20 | 30 | 80 | — | — | | | | | | |
| | Старение | 750, 24 ч | Воздух | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Корпусы турбин с рабочей температурой металла до 750°C, направляющие лопатки турбин, работающие при температуре 750–780°C. Сплав жаропрочный. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка | | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | | | | | | |
| — | — | — | | | | — | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | | Жаростойкость | | | | | | | | | | | | |
| — | | | | | Среда | | t, °C | | Скорость коррозии, мм/год | | База испытаний, ч | | | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | Окалиностойкий до 700°C | | | | | | | | | | | | |
| Время, ч | | t, °C | | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | | | 104 | | | | | | | | | | | | | |
| 11000 | | 700 | | 50 | | | | | | | | | | | | | |
| 5000 | | 750 | | 46 | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | | t, °C | | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | | | |
| Общая | | По коррозионной стойкости близок к сплаву ХН35ВТР (ЭИ 612) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | | | |
| Слиток | 1160–850 | | | На воздухе | | | | На воздухе | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1160–850 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | Температура критических точек, °C | | | | | | | |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Для снятия сварочных напряжений рекомендуется последующая термообработка. | | | | В термообработанном состоянии при $\sigma_b = 800$ Н/мм ² $K_v = 0,30$ (твердый сплав), $K_v = 0,15$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | Ac ₁ | | Ac ₃ | | Ar ₁ | | Ar ₃ | |
| | | | | | | | | | | — | | — | | — | | — | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|
| 36НХТЮ8М | | Сплавы прецизионные — ГОСТ 10994–74. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 10994–74 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ti | Al | Fe | |
| ≤ 0,05 | 0,30–0,70 | 0,80–1,20 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 12,0–13,5 | 35,0–37,0 | 7,50–8,50 | 2,70–3,20 | 1,00–1,30 | остальное | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,005}$, Н/мм ² | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 10994–74 | ПС | | | — | — | — | 1375–1960 | — | — | — | — |
| [120] | Закалка | 1000–1050 | Воздух | — | 785–880 | 1080–1130 | 1370–1470 | 6 | — | — | 440–450 |
| | Старение | 750, 4 ч | Воздух | | | | | | | | |
| Сплав обладает наряду с высокими упругими свойствами повышенной коррозионной устойчивостью, повышенной прочностью, низкой магнитной проницаемостью, заданными значениями модуля нормальной упругости и температурным коэффициентом модуля упругости. | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Для упругих чувствительных элементов, работающих при температуре до 400°C. | | | | | | | | | | | |
| Сплав немагнитный коррозионно-стойкий дисперсионно-твердеющий. | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|--------|---|---------|---------|-----------|-----------|----|-----------|
| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | |
| ХН40Б (ЭП 337) | | Сортовой прокат — ТУ 14-1-1746-76, ТУ 14-1-2000-77. Прутки калиброванные — ТУ 14-1-2000-77. Трубы бесшовные особотонкостенные — ТУ 14-3-219-89. Трубная заготовка — ТУ 14-1-3935-85. | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-3-219-89 | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Nb |
| ≤ 0,20 | ≤ 0,10 | 1,50–2,50 | ≤ 0,015 | ≤ 0,010 | 18,0–20,0 | 39,0–42,0 | — | 0,35–0,75 |

Примечания.

- Открытая индукционная выплавка, вакуумно-индукционная (ВИ). Содержит азот не более 0,04% и кобальт не более 0,04%.
- Открытая индукционная выплавка + электрошлаковый переплав (Ш).
- Открытая индукционная выплавка + вакуумно-дуговая (ВД).
- Разрешается отклонение по содержанию углерода +0,005% от верхнего уровня.
- Для сплава, выплавленного методом Ш, ВД, ВИ содержание серы должно быть не более 0,012%.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | Способ выплавки |
|----------------|----------------------|-----------|----------------------|--|-------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|--------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-219-89 | Аустенитизация | 1100–1120 | Вода | D _n 4,0–6,0, δ 0,2–0,5 D _n 6,2–10,0, δ 0,2–0,7 D _n 10,2–25,0, δ 0,2–1,0 D _n 25,2–60,0, δ 0,3–1,0 Мерная длина: 500–3000 при \varnothing 4–6, 500–7500 при \varnothing 6–25; а также при \varnothing 26–27 со стенкой 0,3–0,4, 500–4000 при \varnothing более 25 | 20 | 245 | 568 | 30 | — | — | Открытый |
| | | | | 350 | — | 196 | — | — | — | | |

Примечания.

- Трубы поставляются в термообработанном виде.
- Трубы в состоянии поставки не должны быть склонны к межкристаллитной коррозии после провоцирующего отпуска.
- Величина аустенитного зерна металла труб в состоянии поставки должна соответствовать 11 баллу.
- Механические свойства термообработанных труб в состоянии поставки должны соответствовать нормам таблицы.
- Трубы должны выдерживать испытания гидравлическим давлением, определяемое по формуле: $P=200 \cdot S \cdot R/D_{\text{вн}}$, где P — испытательное давление в кгс/см², S — минимальная толщина стенки трубы в мм (за вычетом минусового допуска), R — допускаемое давление в кгс/см², равное 40% временного сопротивления разрыву, D_{вн} — внутренний диаметр трубы в мм. Гидравлическое давление гарантируется без проведения испытаний.

Назначение. Изготовление проката и особотонкостенных труб для производства деталей и оборудования химического, нефтехимического и энергетического машиностроения, стойких в хлоридсодержащем водяном паре при температурах 200–350°C. Детали и трубы парогенераторов, работающих в пресной воде с большим содержанием ионов хлора.

Сплав коррозионно-стойкий аустенитного класса.

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–900 | До 300 | В штабелях на воздухе | До 300 | В штабелях на воздухе |
| Заготовка | 1200–900 | | | | |

Свариваемость

Ограниченно свариваемый.
Способы сварки: РД, РАД и КТ

Обработываемость резанием

В состоянии поставки после аустенитизации при $\sigma_b = 568$ Н/мм²
K_v = 0,6 (твердый сплав),
K_r = 0,36 (быстрорежущая сталь)

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|------------------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------|--------|-------------------------|-----------------|----|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ХН45Ю (ЭП 747) | | Листы горячекатаные и холоднокатаные — ГОСТ 24982–81. Прутки горячекатаные и кованые круглые — ТУ 14–1–941–74. Лента холоднокатаная — ТУ 14–1–2075–87. Проволока холоднокатаная — ТУ 14–1–2396–78. Заготовка трубная — ТУ 14–1–4082–86. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Al | Va | Ce | W | Ti | Fe | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,10 | ≤ 1,00 | ≤ 1,00 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 15,0–17,0 | 44,0–46,0 | 2,90–3,90 | ≤ 0,10 | ≤ 0,03 | — | — | остальное | — | — | — | — |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | t испытания, °С | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | | | |
| ГОСТ 24982–81 | Закалка | 1060–1100 | Вода, водяной душ или воздух | 2,0–11 ¹ | — | 590 ³ | 30 ³ | — | — | 20 | — | | | | | |
| | | | | 0,8–3,9 ² | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14–1–941–74 | Закалка | 1050–1150 | Воздух | 8–100 ⁴ | 215 | 590 | 15 | 20 | — | — | — | | | | | |
| ТУ 14–1–2075–87 | Закалка | 1100 | Воздух | 0,2–2,0 | — | 590 | 35 | — | — | — | — | | | | | |
| ТУ 14–1–4082–86 | Закалка | 1130–1180 | Воздух | 170–180 ⁵ | — | 540 | 35 | — | — | — | — | | | | | |
| ДЦ | Закалка | 1150 | Воздух | Лист δ=2 | 295–340 | 530–740 | 50–60 | 55–58 | — | 20 | — | | | | | |
| | | | | | 98–147 | 150–180 | 33–36 | 30–36 | — | 800 | — | | | | | |
| | | | | | 59–69 | 70–90 | 35–40 | 35–40 | — | 900 | — | | | | | |
| | | | | | 29–39 | 50–60 | 40–50 | 40–50 | — | 1000 | — | | | | | |
| | | | | | 20–29 | 30–40 | 70–80 | 55–60 | — | 1100 | — | | | | | |
| | — | 20–30 | 90–100 | 75–85 | — | 1200 | — | | | | | | | | | |

¹ Листы горячекатаные.

² Листы холоднокатаные.

³ Образцы поперечные.

⁴ Прутки горячекатаные и холоднокатаные.

⁵ Заготовка трубная.

ХН45Ю (ЭП 747)

Назначение. Ролики щелевых печей для обжига керамической плитки, печные конвейерные сетки, детали горелочных устройств, чехлы термопар, оснастка печей обжига эмалированной посуды для работы при температурах 1250–1300°C при незначительных механических напряжениях.

Сплав выплавляется в открытых электропечах.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|--|-------------|----------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

| Предел длительной прочности, Н/мм ² | | | Термообработка | Жаростойкость | | | | |
|--|----------------|-----------------|--|---------------|-------|------------------------------------|--|-------------------|
| t, °C | σ_{100} | σ_{1000} | | Среда | t, °C | Увеличение массы, г/м ² | Скорость окисления ⁶ , мм/год | База испытаний, ч |
| 1000 | 20 | — | Лист толщиной 2 мм. Закалка 1150°C, воздух. | Воздух | 1200 | 25 | 0,08 | 100 |
| | | | | | | 46 | | 1000 |
| | | | | | | 60 | | 2000 |
| 1100 | 9 | 5 | | | 1250 | 28 | 0,1 | 100 |
| | | | | | | 42 | | 500 |
| | | | | | | 61 | | 1000 |
| 1150 | 6 | 4 | | 1300 | 75 | 0,24 | 2000 | |
| | | | | | 33 | | 100 | |
| 1200 | 5 | 2,5 | | 1350 | 65 | — | 500 | |
| | | | | | 174 | | 2000 | |
| | | | | | 45 | | 100 | |
| | | | | | 130 | | 500 | |

⁶ Пересчет со значения увеличения массы за 2000 ч.

В атмосфере спокойного воздуха сплав обладает высокой жаростойкостью длительно при температурах до 1300°C и кратковременно до 1350°C. Скорость окисления при 1050°C и продолжительности испытания 100 ч в потоке воздуха составляет 0,8 мм/год, а воздуха содержащего 1,5% SO₂, ~ 1,0 мм/год.

Коррозионная стойкость

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|-------|-------|-----------------|----------------|
| Общая | — | — | — | — |
| Точечная | — | — | — | — |
| Коррозионное растрескивание | — | — | — | — |
| Межкристаллитная | — | — | — | — |

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | — | — | — | — | — |
| Заготовка | — | — | — | — | — |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Флокеночувствительность |
|---|---------------------------|----------------------------------|
| Хорошо сваривается всеми видами сварки. Для ручной электродуговой сварки применяют электроды марок ОЗЛ–25, ОЗЛ–35. | — | — |
| | | Склонность к отпускной хрупкости |
| | | — |

| | |
|--|--|
| Марка сплава | Вид поставки |
| 06ХН46Б (Х20Н46Б, ЭП 350) | Прутки и поковки — ТУ 14-1-516-73. Трубы — ТУ 14-3-1202-83. |

Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-516-73

| | | | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Nb |
| ≤ 0,06 | ≤ 0,50 | ≤ 0,80 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | 19,0-21,0 | 44,0-48,0 | 0,80-1,20 |

Допускается отклонение по содержанию: C + 0,01%; Si + 0,10%; Mn + 0,20%; Cr ± 0,50%; Nb + 0,10%.

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|----------------|----------------------|-----------|-------------------|-----------------------|-----------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-516-73 | Закалка | 1050-1080 | Вода | φ и □ от 30 до 170 | 20 350 | 205 | 540 | 30 | — | — | — | — |
| | | | | | | не менее | | | | | | 147 |

Примечания.

1. Прутки диаметром более 120 мм поставляются с уковом не менее 4, а квадратные — не менее 3.

Уков определяется отношением площадей среднего поперечного сечения слитка к полученной заготовке.

2. Загрязненность металла неметаллическими включениями не должна превышать:

- сульфиды — 2 балла;
- оксиды и силикаты всех видов — 3,5 балла;
- силикаты недеформирующиеся глобулярные — 2 балла.

Нитриды и карбонитриды оцениваются в баллах, результаты факультативны и обязательно заносятся в сертификат.

3. Прутки должны выдерживать испытания на межкристаллитную коррозию по ГОСТ 6032-2003 на образцах, закаленных в воде от температуры 1050-1080°C с провоцирующим нагревом 650°C — 1 час.

4. Механические свойства прутков при комнатной температуре и предел текучести при 350°C определяются на контрольных термообработанных образцах и должны соответствовать нормам таблицы.

5. Качество поверхности в соответствии с ГОСТ 5949-75.

6. Макроструктура сплава не должна иметь усадочной раковины, пузырей, трещин, шлаковых включений и расслоений.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----------------|----------------------|-----------|-------------------|----------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-1202-83 | Аустенитизация | 1050-1100 | Воздух | φ _n 13-83 | 20 | 196 | 520 | 26 | — | — | — | — |
| | | | | s 1,5-9,0 | 350 | 186-441 | — | — | — | — | — | |

Примечания.

1. Величина зерна металла труб должна быть:

- для труб диаметром до 40 мм — не крупнее балла 5;
- для труб диаметром более 40 мм — не крупнее балла 4.

2. Трубы не должны быть склонны к межкристаллитной коррозии.

3. Содержание неметаллических включений всех видов переносят в документ о качестве на трубы из документа о качестве на трубную заготовку.

4. Трубы должны выдерживать испытание на сплющивание до расстояния между сплющиваемыми поверхностями, вычисленного по формуле:

$$H = 0,5 D_n + 2 S,$$

где D_n — наружный диаметр, мм;

S — толщина стенки, мм.

5. Трубы должны выдерживать испытание на раздачу до увеличения наружного диаметра на 10% оправкой с углом конусности не менее 6°.

Трубы диаметром 45 мм и более испытанию на раздачу не подвергают.

6. Трубы должны выдерживать испытательное гидравлическое давление в соответствии с требованиями ГОСТ 3845-75, но не более 60 Н/мм². Допускаемое напряжение равно 40% от временного сопротивления разрыву. Способность труб выдерживать гидравлическое давление обеспечивается технологией производства.

7. Трубы в состоянии поставки должны иметь электрополированную наружную и внутреннюю поверхности. В зависимости от заказа трубы могут поставляться только с наружной или только с внутренней электрополированной поверхностью.

8. Наружная и внутренняя поверхность труб должны быть чистыми и не иметь трещин, плен, рванин, надрывов, закатов, местных контактных проплавлений, травильной сыпи.

На поверхности труб допускаются шероховатость, риски и задиры, рябизна, цвета побежалости, отдельные царапины, пологие вмятины, а также следы зачистки, расточки и обточки; при этом толщина стенки не должна быть меньше допустимых минимальных размеров. Места зачистки дефектов должны быть обработаны до чистоты, соответствующей остальной поверхности труб.

Чистота и качество внутренней и наружной поверхности труб в состоянии поставки должны соответствовать образцам внешнего вида.

9. Каждая труба должна быть подвергнута ультразвуковой дефектоскопии при настройке чувствительности ультразвуковой аппаратуры на искусственные отражатели типа риски, нанесенные на наружную и внутреннюю поверхности стандартных образцов глубиной 4,5 ± 0,5% от номинальной толщины стенки и длиной 10 мм.

06ХН46Б (Х20Н46Б, ЭП 350)

Назначение. Детали и трубы парогенераторов, работающие в пресной воде с большим содержанием ионов хлора.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сплав коррозионно-стойкий аустенитного класса.

Стойкий против коррозионного растрескивания в растворах хлоридов.

Механические свойства в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | t _{исп} , °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----|----------------------|-------|-------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [2] | ПС | | | 20 | 364 | 656 | 32 | 64 | 295 | — | — |
| | | | | 200 | 314 | 578 | 30 | 66 | 333 | — | — |
| | | | | 300 | 304 | 564 | 29 | 61 | 333 | — | — |
| | | | | 350 | 294 | 559 | 33 | 56 | 323 | — | — |
| | | | | 400 | 304 | 559 | 29 | 58 | 309 | — | — |
| | | | | 500 | 294 | 549 | 26 | 56 | 309 | — | — |
| | | | | 550 | 281 | 534 | 28 | 52 | 289 | — | — |
| | | | | 600 | 274 | 495 | 30 | 55 | 304 | — | — |
| | | | | 700 | 242 | 349 | 42 | 61 | 309 | — | — |
| | | | 750 | 218 | 270 | 46 | 75 | 274 | — | — | |

Пределы длительной прочности

Жаростойкость [1]

| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч |
|---------|-------|---|-------------------|-------------------------|-------|---------------------------|-------------------|
| | | 1·10 ⁴ | 1·10 ⁵ | | | | |
| [2, 35] | 550 | 196 | 157 | Окалиностойкая до 800°C | | | |
| | 600 | 137 | 98 | | | | |
| | 650 | 98 | 72 | | | | |
| | 700 | 49 | 31 | | | | |

Коррозионная стойкость [1, 7]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|--|-------|-----------------|--|
| Общая | Вода, содержащая 200 мг/кг Cl ⁻ , 0,3–6 мг/кг O ₂ | 320 | 2000 | 1 |
| Точечная | Вода, содержащая 200 мг/кг Cl ⁻ , 0,3–6 мг/кг O ₂ | 320 | 2000 | 1 |
| Коррозионное растрескивание | 25% NaCl + 0,5% K ₂ Cr ₂ O ₇ | 200 | 500 | Коррозионные трещины не обнаружены при напряжениях выше σ _{0,2} |
| | 42% MgCl ₂ | 154 | 500 | |
| | Вода, содержащая 50 мг/кг Cl ⁻ , 0,3–6 мг/кг O ₂ | 300 | 3000 | |
| Межкристаллитная | Не проявляет склонности к МКК при испытании по ГОСТ 6032–2003 в состоянии после аустенитизации при 1050–1100°C и провоцирующего отпуска при 650°C, 1 ч | | | |

Технологические характеристики [1, 7]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1200–900 | До 300 | В штабелях на воздухе | До 300 | В штабелях на воздухе |
| Заготовка | 1200–900 | | | | |

Свариваемость

Обработываемость резанием

| | |
|--|---|
| Ограниченно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ | В состоянии после аустенитизации при 159 HB и σ _в = 656 Н/мм ² K _v = 0,62 (твердый сплав), K _r = 0,35 (быстрорежущая сталь) |
|--|---|

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|-------------------------|----------------------|--|--------------------------------|--------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------|
| 05XН46МВБЧ (ДИ 65) | | Трубная заготовка — ТУ 14-1-3326-82. Трубы — ТУ 14-3-1093-82. Проволока сварочная — ТУ 14-1-2206-77. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-3326-82 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | W | Mo | Nb | Ce | Fe |
| 0,03–0,07 | ≤ 0,60 | 1,20–2,00 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | 20,0–22,0 | 44,0–48,0 | 2,80–3,50 | 4,00–5,00 | 0,90–1,30 | 0,05 по расчету | остальное |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU ₂ , Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-1093-82 | Аустенизация | 1080 | Воздух | ø 13–60 s 1,5–6,0 | 343 | 686 | 30 | — | — | — | — |
| | + стабилизация | 800 | Воздух | | | | | | | | |
| Назначение. Жаростойкий и жаропрочный сплав предназначен для изготовления трубных систем парогенераторов ядерных энергетических установок с гелиевым теплоносителем (ВТГР), а также для различных теплообменных аппаратов, работающих в условиях одновременного воздействия пароводяных сред высоких параметров и газовых сред при температурах до 800°C. | | | | | | | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм/год | | База испытаний, ч | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении [1] | | | | Гелий марки "ВЧ" | 650 | 0,014 | | 5000 | | | |
| Время, ч | t, °C | | KCU, Дж/см ² | | 750 | 0,016 | | 5000 | | | |
| Исходное состояние | | | 94 | | | | | | | | |
| 5000 | 750 | | 91 | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [1, 8] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | |
| Общая | | Вода, содержащая 200 мг/кг Cl ⁻ , 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | | | 320–350 | 3000 | | 1 | | | |
| Точечная | | Устойчив к питтинговой коррозии в хлоридосодержащих средах | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | 42% MgCl ₂ | | | 154 | 500 | | Трещин не обнаружено | | | |
| | | Вода, содержащая 200 мг/кг Cl ⁻ , 0,3–6,0 мг/кг O ₂ | | | 320–350 | 3000 | | Трещин не обнаружено | | | |
| Межкристаллитная | | Устойчив к МКК при испытании по ГОСТ 6032–2003 | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1, 8] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1180–950 | ПС | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | |
| Ограниченно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ | | | | | После аустенизации при $\sigma_b \leq 890$ Н/мм ² K _v = 0,3 (твердый сплав), K _v = 0,15 (быстрорежущая сталь) | | | | | | |

СПЛАВЫ НА НИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--------------|------------------------------|-----------|-----------|--------|--------|--|
| ХН55ВМТКЮ (ЭИ 929), ХН55ВМТКЮ-ВД (ЭИ 929-ВД) | | Прутки горячекатаные и кованные — ГОСТ 23705-79. Катаный и прессованный прутки — ТУ 14-1-2970-80. Лопатки — ТУ 108.02.003-76, ТУ 108.02.006-84, ТУ 108.17.137-84. Прутки горячекатаные круглые и обточенные круглые — ТУ 14-1-223-72, ТУ 14-1-402-72. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72 | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Al | W | Mo | V | Co | B | Fe | |
| 0,04-0,10 | ≤ 0,50 | ≤ 0,50 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 9,00-12,00 | ос-нова | 1,40-2,00 | 3,60-4,50 | 4,50-6,50 | 4,00-6,00 | 0,20-0,80 | 12,0-16,0 | ≤ 0,02 | ≤ 5,00 | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °C | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | | | | | |
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | σ , Н/мм ² | τ, ч | | | | |
| | | | | не менее | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 23705-79 (ВД) | Закалка 1220±10°C, 2 ч, воздух Нагрев 1050±10°C, 4 ч, воздух Старение 850±10°C, 8 ч, воздух | От 20 до 55 ¹ От 20 до 40 ² | 20 900 | — — | — 570 | — 8 | — 12 | — — | 285-341 — | — 245 | — 40 | | | | |
| ТУ 14-1-2970-80 | Нагрев 1000°C, 1,5 ч, нагрев 1180°C, 2,5-3 ч, перенос в печь на 1050°C, выдержка 50-60 мин. Охлаждение с печью до 1000°C, 50-60 мин. Охлаждение на воздухе. Старение 850°C, 15-16 ч. | 30 | 20 | 640 | 980 | 15 | 16 | 24 | 241-285 | — | — | | | | |
| 800 | | | 590 | 780 | 18 | 25 | — | — | — | — | | | | | |
| ТУ 108.02.003-76 | | Лопатки | 20 | 630 | 940 | 12 | 14 | 24 | 241-285 | — | — | | | | |
| 800 | | | 490 | 740 | 12 | 12 | — | — | — | — | | | | | |
| ТУ 108.02.006-84 | | | 20 | 630 | 940 | 12 | 14 | 24 | 277-341 | — | — | | | | |
| 800 | 490 | 740 | 12 | 12 | — | — | — | — | — | | | | | | |
| ТУ 108.17.137-84 ³ | 20 | 630 | 940 | 12 | 14 | 24 | 277-341 | — | — | — | | | | | |
| 800 | 490 | 740 | 12 | 12 | — | — | — | — | — | — | | | | | |
| ТУ 14-1-223-72 (ВД) | Закалка 1220±10°C, выдержка 2 ч, воздух Закалка 1050±10°C, выдержка 4 ч, воздух Старение 850±10°C, выдержка 8 ч, воздух | 20-45 ¹ 20-40 ² | 900 | — | 568 | 8 | 12 | — | 285-341 | — | — | | | | |
| ТУ 14-1-402-72 (ОИ) | Закалка 1220±10°C, выдержка 2 ч, воздух Закалка 1050±10°C, выдержка 4 ч, воздух Старение 850±10°C, выдержка 8 ч, воздух | 33-35 ¹ 20-40 ² | 900 | — | 568 | 7 | 8 | — | — | — | — | | | | |
| ДЦ | Режим I Закалка 1220±10°C, выдержка 2 ч, воздух Закалка 1050±10°C, выдержка 4 ч, воздух Старение 850±10°C, выдержка 8 ч, воздух | 20-32 ¹ | 20 | 735-784 | 980-1176 | 6-12 | 9-15 | — | 285-341 | — | — | | | | |
| | | 45-55 ¹ | 700 | 686-735 | 882-980 | 8-16 | 10-20 | — | — | — | — | | | | |
| | | 20-40 ² | 800 | 558-686 | 784-882 | 9-17 | 12-25 | — | — | — | — | | | | |
| | | | 850 | — | 686-784 | 10-18 | 14-27 | — | — | — | — | | | | |
| | | | 900 | 392-490 | 540-686 | 12-20 | 15-28 | — | — | 245 | 40 | | | | |
| | | | 950 | — | 343-440 | 17-25 | 20-30 | — | — | — | — | | | | |
| 1000 | 186-245 | 245-314 | 18-20 | 20-32 | — | — | — | — | — | | | | | | |

| XH55BMTKЮ (ЭИ 929), XH55BMTKЮ-ВД (ЭИ 929-ВД) | | | | Механические свойства | | | | | | | | |
|--|--|----------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------------------------------|----|----------------------|----------|
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испы- тания, °С | Кратковременные свойства | | | | | | НВ | Длительная прочность | |
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_{B_s} , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | σ , Н/мм ² | | τ , ч | |
| | | | | не менее | | | | | | | | не менее |
| ДЦ | Режим II Закалка 1190±10°C, выдержка 6 ч, воздух Старение 1000±10°C, выдержка 8 ч, воздух, охлаждение до 950°C, выдержка 8 ч, воздух | 25–33,5 ² | 20 | 745–764 | 853–980 | 3,2–11 | 5,3–8,4 | 14–18 | — | — | — | |
| | | | 800 | 647 | 867 | 12 | 14,6 | — | — | — | — | |
| | | | 850 | 627 | 833 | 14 | 22 | 25 | — | — | — | |
| | | | 900 | 470 | 539 | 18,5 | 33,5 | 39 | — | — | — | |
| | | | 950 | 382 | 450 | 27,3 | 36,2 | 40 | — | — | — | |
| | | | 1000 | 245 | 265 | 26,0 | 48,5 | 35 | — | — | | |

¹ Прутки горячекатаные.

² Прутки обточенные круглые.

³ Окончательно готовые лопатки должны проходить контрольные испытания на усталостную прочность. Лопатки не должны разрушаться раньше чем через 10⁷ циклов при симметричном нагружении с напряжением не менее 177 Н/мм² при температуре 750°C.

Назначение. Лопатки газовых турбин с ограниченным сроком службы при 900–950°C.

| Предел выносливости, Н/мм ² | | | | Термообработка | Малоцикловая выносливость | | | | | | |
|--|-------------|---|-------|---|--|-----------------------------|---|---|--|--|--|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | t, °С | | Максимальная температура цикла, °С | | Размах упруго-пластической деформации $\Delta \epsilon$, % | | N | | |
| 350 | — | 10 ⁷ | 600 | Закалка 1220±10°C, выдержка 2 ч, воздух. Закалка 1050±10°C, выдержка 4 ч, воздух. Старение 850±10°C, выдержка 8 ч, воздух. | 850 | | 0,6 0,5 0,47 | | 2,5×10 ³ 7×10 ³ 1×10 ⁴ | | |
| 323 ⁴ 284 ⁴ 255 ⁵ | — | 10 ⁷ 10 ⁸ 10 ⁷ | 700 | | Пределы длительной прочности и ползучести, Н/мм² | | | | | | |
| | | | | | t, °С | σ_{100} | σ_{1000} | σ_{10000} | Термообработка | | |
| | | | | | 700 | 715–725 | 588 | 490 | Закалка 1220±10°C, выдержка 2 ч, воздух. Закалка 1050±10°C, выдержка 4 ч, воздух. Старение 850±10°C, выдержка 8 ч, воздух. | | |
| | | | | | 750 | 519 | 450 | 372 | | | |
| | | | | | 800 | 382–440 | 314 | 265 | | | |
| | | | | | 850 | 284–314 | 196 | 127 | | | |
| | | | | | 900 | 206–225 | 127 | 69 | | | |
| 323–353 ⁴ 274 ⁴ | — | 10 ⁷ 10 ⁸ | 800 | | 950 | 120–160 | 60 | — | Термообработка | | |
| | | | | | 1000 | 70–80 | 30 | — | | | |
| | | | | t, °С | $\sigma_{0,2/100}$ ⁶ | $\sigma_{1 \times 10^{-2}}$ | $\sigma_{1 \times 10^{-3}}$ | Закалка 1190±10°C, выдержка 6 ч, воздух. Старение 1000±10°C, выдержка 8 ч, воздух, охлаждение до 950°C, выдержка 8 ч, воздух и 850°C, выдержка 16 ч, воздух. | | | |
| | | | | 700 | — | — | 530 | | | | |
| | | | | 800 | 245 | 382 | 294 | | | | |
| | | | | 850 | 220 | 294 | 186 | | | | |
| | | | | 900 | 140 | 196 | 150 | | | | |

⁴ Образцы гладкие.

⁵ Образцы с надрезом, R_n = 0,15 мм, угол надреза 60°.

⁶ По общей деформации.

| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | Жаростойкость | | | |
|--|------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--|------------|----------------------|-------------------|
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_{B_s} , Н/мм ² | КСУ, Дж/см ² | Среда | t, °С | Глубина коррозии, мм | База испытаний, ч |
| t, °С | τ , ч | | δ , % | | | | | |
| Исходное состояние | | 730–790 | 1200–1240 | 17–21 | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 18,2%, CO ₂ – 4,3%, H ₂ O – 1,6%, SO ₂ – 0,035, N ₂ – остальное | 800 850 | 0,008 0,011 | 10000 10000 |
| 600 | 10000 | 780 | 1170 | 15,0 | | | | |
| 700 | 10000 | 750 | 1200 | 17,0 | | | | |
| 750 | 10000 | 690 | 1220 | 23,0 | | | | |
| 800 | 10000 | 680 | 1130 | 15,0 | | | | |

| Технологические характеристики | | | |
|--|---|----------------------|-----------|
| Свариваемость | Обработываемость резанием | Деформируемость | |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | В термообработанном состоянии при $\sigma_n = 1000$ Н/мм ² K _v = 0,2 (твердый сплав), K _v = 0,09 (быстрорежущая сталь) | Температураковки, °С | |
| | | Начало | Окончание |
| | | 1160–1180 | > 1000 |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
|--|----------------------|---|---------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|--|-------------------------|--|------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| ХН59ВГ-ИД (ЭК 82-ИД) | | Трубная заготовка — ТУ 14-1-4080-86. Трубы — ТУ 14-3-1416-86. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-4080-86 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | W | V | Fe | Zr | Mg | Ce | B | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| 0,02–0,07 | ≤ 0,50 | 1,00–1,60 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 18,5–21,5 | ос-но-ва | 15,5–18,0 | ≤ 0,30 | ≤ 2,50 | По рас-чету 0,02 | По рас-чету 0,01 | По рас-чету 0,01 | По рас-чету 0,005 | — | — | — | — | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-3-1416-86 | Закалка | 1250 | Вода | ∅ 13–68 s 1,5–6,5 | 392 | 785 | 48 | — | — | — | — | | | | | | | |
| Назначение. Жаростойкий и жаропрочный сплав предназначен для изготовления трубных систем промышленных теплообменников установок типа ВТГР с гелиевым теплоносителем, работающих при температурах до 950°С. Благодаря твердорастворному упрочнению хромом, вольфрамом и молибденом сплав обеспечивает высокую жаропрочность при температуре эксплуатации и сохраняет стабильность структуры и механических свойств при работе в гелиевой атмосфере до 1000°С. Может быть использован для изготовления химического и нефтехимического оборудования. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | | | | | | | | | | | |
| Среда | | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | | | | | | | | | |
| Гелий марки "А" | | | | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 950 | | 13 | 500 | Время, ч | | t, °С | | KCU, Дж/см ² | | | | | | |
| | | | | 950 | | 20 | 2000 | Исходное состояние | | | | | | 375 | | | | |
| — | | | | | | | | | | | | | | — | | | | |
| Высокотемпературные прочность и пластичность | | | | | | | | | | Термообработка | | | | | | | | |
| t, °С | | σ _b , Н/мм ² | | | δ, % | | | | | | | | | | | | | |
| 900 | | 320 | | | 45,5 | | | Закалка 1220°С, 1 ч, охлаждение в воде | | | | | | | | | | |
| 950 | | 246 | | | 47,2 | | | | | | | | | | | | | |
| 1000 | | 181 | | | 39,0 | | | | | | | | | | | | | |
| 900 | | 284 | | | 39,2 | | | Закалка 1220°С, 1 ч, охлаждение в воде + старение в гелии при 950°С, 1000 ч. | | | | | | | | | | |
| 950 | | 193 | | | 48,0 | | | | | | | | | | | | | |
| 1000 | | 142 | | | 37,2 | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметрыковки, °С | | | | Свариваемость | | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | | |
| Нагрев под прессование до 1170 ± 10°С, прессование трубных заготовок через матричные кольца с применением стеклосмазки. | | | | Ограниченно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД, ЭЛ, КТ. | | | | | | В состоянии поставки при σ _b = 785 Н/мм ² K _v = 0,34 (твердый сплав), K _v = 0,13 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|---|----------------------|-----------------------------|---|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------|----|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ХН60Ю (ЭИ 559А) | | Лист тонкий — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Va | Al | Ce | Ni | Mo | V | Fe | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,10 | ≤ 0,80 | ≤ 0,30 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 15,0– 18,0 | ≤ 0,10 | 2,60– 3,50 | ≤ 0,03 | 55,0– 58,0 | — | — | осталь- ное | — | — | — | — |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | t испы- тания, °С | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Лист холоднокатаный | | | Образцы | не менее | | | | | | | | | | | |
| | Закалка (40 мин) | 1200 | Воздух | | 360 | 720 | 50 | 50 | 250 | 20 | — | | | | | |
| | | | | | — | 400 | 3 | 7,5 | — | 700 | — | | | | | |
| | | | | | 220 | 230 | 40 | 37 | 120 | 800 | — | | | | | |
| | | | | | — | 110 | 71 | 52 | 50 | 900 | — | | | | | |
| — | 70 | 68 | 53 | 80 | 1000 | — | | | | | | | | | | |
| — | 20 | 132 | 86 | 40 | 1200 | — | | | | | | | | | | |
| Назначение. Листы для камер сгорания газовых турбин, деталей печей с ограниченным сроком службы при 1100°С и кратковременным сроком службы при 1250°С (может применяться для нагревательных элементов сопротивления). Сплав выплавляется в открытых дуговых или индукционных электропечах. Не допускается с 01.01.91 г к применению во вновь создаваемой и модернизируемой технике. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Длительная прочность, Н/мм ² | | | | | | | | | | | | | | | | |
| t, °С | Длительность испытания, ч | | | Термообработка | | | | | | | | | | | | |
| | 100 | 1000 | 10000 | | | | | | | | | | | | | |
| 800 | 80 | 45 | 25 | Нагрев до 1150°С, воздух | | | | | | | | | | | | |
| 900 | 32 | 16 | 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 1000 | 15 | 6,5 | 2,7 | | | | | | | | | | | | | |
| 1100 | 7,5 | 3,5 | 1,6 | | | | | | | | | | | | | |
| 1200 | 4,5 | 2,0 | 0,9 | | | | | | | | | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | | Жаростойкость | | | | | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °С | Увеличение массы | | Выдержка, ч | | | | | | | | |
| | | | | | | г/м ² | г/(м ² ·ч) | | | | | | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | Воздух | 1150 | 8,7 | 0,09 | 100 | | | | | | | | |
| Время, ч | t, °С | KCU, Дж/см ² | 37,5 | | | 0,038 | 1000 | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | | 36,4 | | | 0,020 | 2000 | | | | | | | | | |
| — | — | — | 44,3 | | | 0,011 | 4000 | | | | | | | | | |
| | | | 68,2 | | | 0,011 | 6000 | | | | | | | | | |
| | | | 60,3 | | | 0,010 | 8000 | | | | | | | | | |
| | | | 68,4 | 0,007 | 10000 | | | | | | | | | | | |
| — | — | — | 25,1 | 0,26 | 100 | | | | | | | | | | | |
| | | | 23,5 | 0,030 | 800 | | | | | | | | | | | |
| | | | 48,9 | 0,024 | 2000 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 62,7 | 0,021 | 3000 | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °С | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | | | | | | |
| Общая | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка ¹ | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервалковки, °С | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1180–960 | | | На воздухе | | | | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¹ Сплав обладает способностью к глубокой вытяжке. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокеночувствительность | | | | | | | | |
| Хорошо сваривается всеми видами сварки. Для снятия напряжения применяется промежуточная закалка с температурой 1100°С. | | | | — | | | | — | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпускной хрупкости | | | | | | | | |
| | | | | | | | | — | | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|---|--|--|------------------------------------|------------------------------------|--------------|---|-------------------------|----------------------|------------------------------|------------|
| ХН60ВТ (ЭИ 868) | | Пруток горячекатаный — ТУ 14-1-286-72. Пруток кованый — ТУ 14-1-286-72. Прессизделие — ТУ 14-1-3148-81. Лист горячекатаный — ТУ 14-1-1494-75, ТУ 14-1-4296-87. Лист холоднокатаный — ТУ 14-1-1747-76. Заготовка трубная — ТУ 14-1-230-72. Лента холоднокатаная — ТУ 14-1-927-74. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Fe | W | Ti | Al |
| ≤ 0,10 | ≤ 0,80 | ≤ 0,50 | ≤ 0,013 | ≤ 0,013 | 23,5–26,5 | основа | — | ≤ 4,00 | 13,0–16,0 | 0,30–0,70 | ≤ 0,50 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °C | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | |
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | σ , Н/мм ² | τ , ч |
| | | | | не менее | | | | | | | |
| ТУ 14-1-286-72 | Закалка, 1150–1200°C, воздух | ϕ 10–120 \square 60–120 | 20 | — | 750 | 30 | — | — | — | — | — |
| ТУ 14-1-1747-76 | Закалка, 1150–1200°C, вода или воздух | S 0,8–3,0 | 20 | — | 1030 | 40 | — | — | — | — | — |
| ТУ 14-1-1494-75 | Термическая обработка по режиму завода-поставщика | S 2,0–3,9 | 20 | — | 1030 | 35 | — | — | — | — | — |
| ТУ 14-1-4296-87 | Закалка, 1150–1200°C, вода или воздух | S 4,0–11,0 | 20 | — | 980 | 40 | — | — | — | — | — |
| ТУ 14-1-927-74 | Закалка, 1150–1200°C, вода или воздух | S 0,2–1,2 | 20 | — | 980 | 35 | — | — | — | — | — |
| ТУ 14-1-230-72 | Закалка, 1200°C, воздух | ϕ 180 ϕ 185 ϕ 190 | 20 | — | 690 | 30 | — | — | — | — | — |
| Назначение. Детали газопроводных систем, жаровые трубы, детали камер сгорания, уплотнения и другие детали высокотемпературных газовых турбин. | | | | | | | | | | | |
| Условия испытания | | | Предел выносливости, σ_{-1} , Н/мм ² , при t, °C | | Малоцикловая выносливость | | | | | | |
| Тип образца | Цикл | N | 600 | 700 | Максимальная температура цикла, °C | | Размах упруго-пластической деформации $\Delta \epsilon$, % | | N | | |
| — | — | — | — | — | — | | — | | — | | |
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | Жаростойкость | | | | | | |
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | КСУ, Дж/см ² | Среда | | t, °C | Глубина коррозии, мм | База испытаний, ч | |
| t, °C | τ , ч | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | — | — | — | — | — | | — | — | | |
| — | — | — | — | — | — | — | | — | — | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Температурные параметрыковки, °C | | | | |
| Ограниченно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | В закаленном состоянии при $\sigma_b = 750$ Н/мм ² $K_v = 0,3$ (твердый сплав) | | | | 1180–1050 | | | | |
| | | | | | | | Способен к глубокой вытяжке, $K_{пр} = 2,06$ (пределный коэффициент вытяжки) | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|------------------------------------|---|--|--|--|-------------------|------------------------------|---------------|----------|--------|--------|--------|--------|
| ХН60КВЮМБ-ВД (ЭП 957-ВД) | | Лопатки — ТУ 108.01.60–86. Прутки прессованные — ТУ 14-1-2477–78. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.01.60–86 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Co | W | Mo | Nb | Al | Ni | Fe | B | Ce | Zr | Y |
| ≤ 0,05 | ≤ 0,40 | ≤ 0,50 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 10,6–12,0 | 8,50–10,50 | 8,50–10,50 | 2,50–4,50 | 1,00–2,00 | 5,20–6,00 | основа | ≤ 1,50 | ≤ 0,01 | ≤ 0,02 | ≤ 0,05 | ≤ 0,05 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °C | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | | | | | | |
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | σ , Н/мм ² | τ , ч | | | | | |
| | | | | не менее | | | | | | | | не менее | | | | |
| ТУ 108.01.60–86 | Нагрев 1180°C, 3 ч, воздух Нагрев 1050°C, 2 ч, воздух Нагрев 950°C, 2 ч, воздух Нагрев 850°C, 5 ч, воздух | Лопатки | 20 800 850 | 882 784 — | 1177 833 — | 10 5 — | 10 — — | 24,5 — — | 340–385 — — | — — 314 | — — 100 | | | | | |
| Назначение. Штампованные и кованые лопатки высокотемпературных газовых турбин. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Условия испытания | | | Предел выносливости, Н/мм ² , при t, °C | | Малоцикловая выносливость | | | | | | | | | | | |
| Тип образца | Цикл | N | 20 | 800 | Максимальная температура цикла, °C | Размах упруго-пластической деформации $\Delta \epsilon$, % | | N | | | | | | | | |
| Гладкие | симметричный | 10 ⁷ | 435 | — | 800 | 0,75 | | 1×10 ³ | | | | | | | | |
| Гладкие | асимметричный ($\sigma_{ст} = 150$ Н/мм ²) | 10 ⁷ | — | 410 | | 0,49 | | 1×10 ⁴ | | | | | | | | |
| Гладкие | асимметричный ($\sigma_{ст} = 150$ Н/мм ²) | 10 ⁸ | — | 340 | | 0,40 | | 2×10 ⁴ | | | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | Жаростойкость | | | | | | | | | | |
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | КСУ, Дж/см ² | Среда | t, °C | Суммарная глубина коррозии ¹ , мм | База испытаний, ч | | | | | | | |
| t, °C | τ , ч | | | | | | | | | | | | | | | |
| Без старения | | 990–1015 | 1360–1390 | 18–22 | 40–50 | Продукты сгорания газотурбинного топлива: O ₂ – 15–17%, CO ₂ – 6–8%, SO ₂ – 0,05–0,10%, H ₂ O – 6%, N ₂ – остальное; с обмазкой: V ₂ O ₅ – 2,6%, Na ₂ SO ₄ – 21,7% и другие окислы | 800 | 0,47 | 1000 | | | | | | | |
| 700 | 5000 | 1050–1150 | 1300–1340 | 7,3–9,0 | 80–100 | | | | | | | | | | | |
| 800 | 5000 | 830–840 | 1100–1150 | 9,0–10,0 | 120–130 | | | | | | | | | | | |
| ¹ Суммарная глубина коррозии определяется по ГОСТ 6130–71 п. 5.5 и 6.1.3. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | Выплавка | | Деформируемость | | | | | | | | | |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | После закалки и старения при 340–385 НВ $K_v = 1177$ Н/мм ² $K_v = 0,14$ (твердый сплав), $K_v = 0,07$ (быстрорежущая сталь) | | | Вакуумно-дуговой переплав с применением гелия на токе дуги 3,6 кА | | Температурный интервал деформации, °C 1100–1130 | | | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----------|------------------------------|------------|-------------|-----------|
| ХН62МБВЮ (ЭП 709) | | Поковки-штанги и поковки шайбы — ТУ 14-1-2706-79. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-2706-79 | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ce | W | Nb | Al | Zr | Fe |
| ≤ 0,06 | ≤ 0,40 | ≤ 0,50 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 13,0–15,0 | основа | 4,50–5,50 | ≤ 0,010 | 4,00–5,00 | 5,10–5,90 | 0,90–1,40 | 0,005–0,015 | 5,50–8,00 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °C | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | | | |
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | σ , Н/мм ² | τ , ч | | |
| | | | | не менее | | | | | | | | не менее | |
| ТУ 14-1-2706-79 (ОИ, ВД) | Закалка 1100–1130°C, выдержка 2,5–5 ч, воздух Старение 700–750°C, выдержка 10–15 ч, воздух | ø 180–300 ¹ | 20 | ≥ 635 | ≥ 960 | ≥ 22 | ≥ 35 | ≥ 78 | — | 780 | 100 | | |
| | | | 500 | — | — | — | — | — | | | | | |
| | Режим I Закалка 1100°C, выдержка 2,5 ч, воздух Старение 750°C, выдержка 15 ч, воздух | | – 273 | 804 | 1372 | 22 | 20 | — | — | — | — | | |
| | | | – 196 | 804 | 1372 | 35 | 25 | — | — | — | — | | |
| | | | – 70 | 735 | 1127 | 40 | 42 | — | — | — | — | | |
| | | | 20 | 666–764 | 1039–1127 | 38–48 | 40–60 | 137–235 | — | — | — | | |
| | | | 500 | 568–617 | 853–980 | 40–50 | 37–60 | 118–235 | — | — | — | | |
| | | | 550 | 549–617 | 833–931 | 28–50 | 32–50 | 137–235 | — | — | — | | |
| | | | 600 | 549–617 | 833–931 | 20–50 | 32–50 | 137–216 | — | — | — | | |
| | | | 650 | 549–588 | 813–882 | 28–45 | 20–46 | 118–196 | — | — | — | | |
| | | | 750 | 529–588 | 686–784 | 8–12 | 10–22 | 118–176 | — | — | — | | |
| | | | Режим II Закалка 1100°C, выдержка 2,5 ч Старение 750°C, выдержка 15 ч, воздух Старение 650°C, выдержка 15 ч, воздух | 20 | 813 | 1225 | 40 | 50 | 118 | — | — | — | |
| | | | | 500 | 666 | 1000 | 40 | 50 | 118 | — | — | — | |
| 600 | 666 | 1000 | | 30 | 38 | 118 | — | — | — | | | | |
| 700 | 627 | 764 | | 7 | 15 | 118 | — | — | — | | | | |

¹ Прутки кованные. Продольные образцы.

| ХН62МБВЮ (ЭП 709) | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|----------------------------|--|----------------|--------------------|---|--------------------------|
| Назначение. Высоконагруженные сварные изделия для турбостроения с рабочей температурой 750°C. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | | Термообработка | | | Пределы длительной прочности и ползучести, Н/мм ² | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | t, °C | | | | t, °C | σ_{100} | σ_{1000} | σ_{5000} | $\sigma_{0,2/100}$ |
| 353–363 | — | 10 ⁷ | 500 | Прутки. Закалка 1100°C, выдержка 2,5 ч, воздух. Старение 750°C, выдержка 15 ч, воздух. | 500 | 882–903 | 862 | 823 | 549–588 | | |
| 382–392 | — | | 550 | | 550 | 823 | 764 | 725 | — | | |
| 372 | — | | 600 | | 600 | 686 | 627 | 608 | — | | |
| 372 | — | | 700 | | 700 | 490 | 392 | — | — | | |
| Образцы гладкие | | | | | 750 | 304 | 186 | — | — | | |
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | | Жаростойкость | | | | |
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Термообработка | Среда | t, °C | Суммарная глубина коррозии, мм | База испытаний , ч |
| t, °C | τ , ч | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | — | — | — | — | — | Закалка 1100°C, выдержка 2,5 ч, воздух. Старение 750°C, выдержка 15 ч, воздух. | — | — | — | — |
| 500 | 100 | 706 | 1078 | 48 | 55 | 137 | | | | | |
| | 500 | 735 | 1078 | 48 | 53 | 137 | | | | | |
| | 1000 | 735 | 1078 | 48 | 51 | 137 | | | | | |
| 600 | 100 | 804 | 1078 | 35 | 50 | 118 | | | | | |
| | 500 | 843 | 1127 | 35 | 50 | 118 | | | | | |
| | 1000 | 862 | 1254 | 35 | 50 | 118 | | | | | |
| 700 | 100 | 784 | 1176 | 38 | 54 | 118 | | | | | |
| | 500 | 784 | 1176 | 38 | 54 | 118 | | | | | |
| | 1000 | 804 | 1205 | 32 | 50 | 118 | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | | из слитков | | | | из заготовок | | | | |
| | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | |
| Слиток | 1180–900 | | 180–300 | | На воздухе | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Деформируемость | | | | |
| Не склонен к образованию трещин в процессе сварки и при нагреве сварных соединений. Перед сваркой и после нее производится нагрев при 1080–1100°C для снятия внутренних напряжений с последующим охлаждением на воздухе. | | | — | | | | — | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|-------------------|--|------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|-----------|-------------------------|-----------|----------|--------|
| ХН62МВКЮ (ЭИ 867), ХН62МВКЮ-ВД (ЭИ 867-ВД) | | Прутки горячекатаные круглые и обточенные круглые — ГОСТ 23705-79, ТУ 14-1-402-72, ТУ 14-1-223-72. Прутки пресс-изделий — ТУ 14-1-3583-83. Поковки-шайбы — ТУ 14-1-2406-78. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72 | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ce | W | Co | Al | B | Fe |
| ≤ 0,10 | ≤ 0,60 | ≤ 0,30 | ≤ 0,011 | ≤ 0,015 | 8,50–10,50 | основа | 9,00–11,50 | ≤ 0,020 | 4,30–6,00 | 4,00–6,00 | 4,20–4,90 | ≤ 0,02 | ≤ 4,00 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| ГОСТ 23705-79 | Закалка | 1220±10, 4-6 ч | Воздух | От 35 до 55 ¹ | 20 | — | — | — | — | — | — | 285-352 | |
| | Старение | 950±15, 8 ч | Воздух | От 20 до 43 ² | 900 | — | 570 | 6 | 9 | — | — | — | |
| ГОСТ 23705-79 (ВД) | Закалка | 1220±10, 4-6 ч | Воздух | От 13 до 32 ¹ | 20 | — | — | — | — | — | — | 285-352 | |
| | Старение | 950±15, 8 ч | Воздух | От 45 до 55 ¹ От 20 до 40 ² | 900 | — | 570 | 8 | 12 | — | — | — | |
| ТУ 14-1-223-72 (ВД) | Закалка | 1220±10, 4 ч | Воздух | 20-45 ¹ | 900 | — | 568 | 8 | 12 | — | — | — | — |
| | Старение | 950±15, 8 ч | Воздух | 20-40 ² | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-402-72 (ОИ) | Закалка | 1220±10, 4 ч | Воздух | 33-55 ¹ | 900 | — | 568 | 6 | 9 | — | — | — | — |
| | Старение | 950±15, 8 ч | Воздух | 20-40 ² | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-2406-78 (ОИ) | Закалка | 1220±10, 4 ч | Воздух | | 20 | — | 960 | 6 | 8 | — | — | 285-363 | |
| | Старение | 950±15, 8 ч | Воздух | 80-95 ¹ | 750 | — | — | 1 | — | — | — | — | |
| ТУ 14-1-3583-83 (Ш) | Закалка | 1220±10, 4 ч | Воздух | 110-130 ¹ | 20 | — | 930 | 6 | 8 | — | — | — | |
| | Старение | 950±15, 8 ч | Воздух | | 900 | — | 570 | 8 | 12 | — | — | — | |
| [1, 6] | Без термообработки | | | Прутки (продольные образцы) | 900 | — | 686 | 4 | 6 | 66 | — | | |
| | | | | | 1000 | — | 304 | 19,5 | 36 | 90 | — | | |
| | | | | | 1100 | — | 70 | 87 | 72 | 260 | — | | |
| | | | | | 1150 | — | 60 | 65 | 66 | 290 | — | | |
| | | | | | 1200 | — | 45 | 73 | 58 | 200 | — | | |
| | | | | 1250 | — | 30 | 20 | 26 | 300 | — | | | |

¹ Прутки горячекатаные.
² Прутки обточенные.

| Назначение. Лопатки и диски турбин для работы при температурах до 900°C. | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----------------|-----------------|--|--|---|---|-------------------|--|---|-------------------|-------------------|-------------------|-----|-----|
| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [1, 6] | | | | Термообработка | Пределы длительной прочности ³ и ползучести [1, 6] | | | | | | | | | |
| | σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | Тип образца | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч (по остаточной деформации) | | | | | |
| 20 | 304 | — | 10 ⁷ | Образцы гладкие | Закалка 1220±10°C, выдержка 4-6 ч, воздух. | | 1-10 ² | 1-10 ³ | 1-10 ⁴ | 1/10 ² | | | | | |
| 700 | 304-343 | — | 10 ⁷ | | | 700 | | | | 725-735 | — | — | 598-617 | | |
| 800 | 328-353 | — | 10 ⁷ | | | 800 | | | | 420-440 | 304 | — | 343-353 | | |
| 900 | 310-350 | — | 10 ⁷ | | | 900 | | | | 190-206 | 110 | 130-160 | 130-160 | | |
| 20 | 206-255 | — | 10 ⁷ | Образцы с надрезом, R _n = 0,75 мм | Старение 950±15°C, выдержка 8 ч, воздух. | 1-10 ² | 1-10 ³ | 1-10 ⁴ | 0,2/10 ² | | | | | | |
| 700 | 245-255 | — | 10 ⁷ | | | | | | 700 | 725-735 | — | — | 598-617 | | |
| 800 | 245-274 | — | 10 ⁷ | | | | | | 800 | 420-440 | 304 | — | 343-353 | | |
| 900 | 245-254 | — | 10 ⁷ | | | | | | 900 | 190-206 | 110 | 130-160 | 130-160 | | |
| 20 | 310 | — | 10 ⁷ | Образцы гладкие | Нагрев 1220±10°C, выдержка 4-6 ч, воздух. | 1-10 ² | 1-10 ³ | 1-10 ⁴ | 0,2/10 ² | | | | | | |
| 700 | 310 | — | 10 ⁷ | | | | | | 700 | 740 | — | — | 610 | | |
| 800 | 335 | — | 10 ⁷ | | | | | | 800 | 430 | 310 | — | 350 | | |
| 900 | 320 | — | 10 ⁷ | | | | | | 900 | 190 | 110 | — | 130 | | |
| 20 | 210 | — | 10 ⁷ | | | | | | Образцы с надрезом, R _n = 0,75 мм | Старение 950±15°C, выдержка 8 ч, воздух. | 1-10 ² | 1-10 ³ | 1-10 ⁴ | — | |
| 700 | 250 | — | 10 ⁷ | | | | | | | | | | | 950 | 110 |
| 800 | 250 | — | 10 ⁷ | ³ При испытании на длительную прочность сплав в интервале температур 700-950°C не чувствителен к надрезу. | | | | | | | | | | | |
| 900 | 250 | — | 10 ⁷ | | | | | | | | | | | | |

| ХН62МВКЮ (ЭИ 867), ХН62МВКЮ-ВД (ЭИ 867-ВД) | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|-------------|---------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------------------------------------|
| Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С [6] | | | | | | | | | | |
| Вид металла | + 20 | + 800 | + 900 | + 1000 | + 1050 | + 1100 | + 1150 | + 1200 | + 1250 | Вид образца |
| Деформированный | 92 | 48 | 45 | 42 | 46 | 72 | 79 | 45 | 6 | Образцы из заготовки диаметром 45 мм |
| ВДП | 87 | 82 | 65 | 85 | — | 241 | 318 | 125 | 250 | |
| Механические свойства сплава при различных температурах в зависимости от метода выплавки | | | | | | | | | | |
| НД | Метод выплавки | Сечение, мм | t, °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | | | | не менее | | | | | | |
| [6] | Исходный материал | Прутки | 20 | 820 | 1200 | 8 | 10 | 19 | — | |
| | | | Образцы | 200 | 550 | 740 | 11 | 12 | 24 | — |
| | ЭШП | продольные | 20 | 840 | 1240 | 19 | 22 | 52 | — | |
| | | | 200 | 590 | 800 | 16 | 20 | 58 | — | |
| | | | 20 | 880 | 1220 | 12 | 14 | 30 | — | |
| | | | | 660 | 780 | 15 | 17 | 40 | — | |
| | | | ЭЛП | 20 | 830 | 1240 | 12 | 17 | 23 | — |
| | | | | 200 | 600 | 780 | 13 | 19 | 35 | — |
| | ОЭ | | 20 | — | — | 15 | 17 | — | — | |
| | | | 700 | — | — | 13 | 17 | — | — | |
| | | | 800 | — | — | 7 | 22 | — | — | |
| | | | 900 | — | — | 14 | 22 | — | — | |
| | | | 1100 | — | — | 78 | 64 | — | — | |
| | | | 1150 | — | — | 101 | 74 | — | — | |
| | | | 1200 | — | — | 101 | 74 | — | — | |
| | | | 20 | — | — | 16 | 17 | — | — | |
| | ЭШП | | 700 | — | — | 11 | 17 | — | — | |
| | | | 800 | — | — | 9 | 20 | — | — | |
| | | | 900 | — | — | 15 | 29 | — | — | |
| | | | 1100 | — | — | 104 | 77 | — | — | |
| | | | 1150 | — | — | 110 | 77 | — | — | |
| | | | 1200 | — | — | 103 | 76 | — | — | |
| | ВИ | | 20 | — | — | 8 | 10 | 18 | — | |
| | | | 900 | — | — | 9 | 11 | 22 | — | |
| | ЭШП | | 20 | — | — | 19 | 15 | 51 | — | |
| | | | 900 | — | — | 22 | 19 | 58 | — | |
| | ПДП | | 20 | — | — | 11 | 14 | 29 | — | |
| | | | 900 | — | — | 14 | 16 | 40 | — | |
| ЭЛП | | 20 | — | — | 11 | 13 | 23 | — | | |
| | | 900 | — | — | 17 | 18 | 33 | — | | |

ХН62МВКЮ (ЭИ 867), ХН62МВКЮ–ВД (ЭИ 867–ВД)

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|----------------|-------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | |
| [1] | Закалка | 1220±10, 4–6 ч | Воздух | 20 | 760–860 | 980–1220 | 8–24 | 11–28 | 15–50 | — |
| | Старение | 950±15, 8 ч | Воздух | 700 | 637–735 | 940–980 | 6–12 | 12–28 | 40–80 | — |
| | | | | 800 | 637–735 | 882–930 | 3–8 | 7–15 | 50–70 | — |
| | | | | 850 | 540–637 | 705–833 | 3–7 | 7–12 | 50–70 | — |
| | | | | 900 | 390–490 | 570–735 | 8–20 | 12–28 | 50–70 | — |
| | | | | 950 | 290–340 | 390–490 | 10–20 | 18–25 | 60–80 | — |
| | | | | 1000 | 180–230 | 245–343 | 12–20 | 20–30 | 70–90 | — |

Механические свойства сплава при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|----------------|-------------------|-----------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [6] | Нагрев | 1220±10, 4–6 ч | Воздух | Прутки | 20 | 780 | 1000 | 6 | 11 | 15 | — |
| | | | | | 700 | 650 | 960 | 6 | 12 | 40 | — |
| | Старение | 950±15, 8 ч | Воздух | образцы продольные | 800 | 650 | 900 | 3 | 7 | 50 | — |
| | | | | | 850 | 550 | 720 | 3 | 7 | 50 | — |
| | | | | | 900 | 400 | 600 | 8 | 12 | 50 | — |
| | | | | | 950 | 300 | 400 | 10 | 18 | 60 | — |
| | | | | | 1000 | 180 | 250 | 12 | 20 | 70 | — |

Механические свойства сплава при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
|-----|----------------------|----------------|-------------------|-------------|----------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|-----|
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [6] | Нагрев | 1220±10, 4–6 ч | Воздух | Диск | 20 | Образцы тангенциальные | | | | | | |
| | | | | | | 920 | 1220 | 14 | 19 | 27 | 375 | |
| | Старение | 950±15, 8 ч | Воздух | ø 400 | высота | 750 | 790 | 970 | 3 | 9 | 35 | — |
| | | | | | | 100 | Образцы радиальные | | | | | |
| | | | | | 20 | | 910 | 1020 | 13 | 15 | 21 | 375 |
| | | | | | 750 | 810 | 990 | — | — | 30 | — | |
| | | | | 20 | Образцы осевые | | | | | | | |
| | | | | | 900 | 1000 | 3 | 5 | 5 | 375 | | |
| | | | | 750 | 800 | 890 | 3 | 6 | 11 | — | | |

| ХН62МВКЮ (ЭИ 867), ХН62МВКЮ-ВД (ЭИ 867-ВД) | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--|---|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| Механические свойства при различных температурах после длительного старения | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | | |
| [5] | Нагрев Старение | 1180, 6 ч | Воздух С печью до 900°C | Сорт | Без старения | | 20 | Образцы продольные | | | | | |
| | | 1000, 8 ч | | | 700 | 1000 | 20 | 930 | 1280 | 22 | 19 | 300 | 300 |
| | Старение Старение | 900, 8 ч | Воздух | | 700 | 5000 | 20 | — | — | — | — | 180 | 335 |
| | | 850, 16 ч | | | 700 | 10000 | 20 | 830 | 1250 | 10 | 13 | — | 335 |
| | Без старения | | 700 | | 660 | 900 | 9 | 17 | — | — | — | — | |
| | 700 | 100 | 700 | | 690 | 1150 | 8 | 13 | 500 | — | — | — | |
| | | 10000 | 700 | | 650 | 970 | 8 | 12 | 400 | — | — | — | |
| | Без старения | | 20 | | 930 | 1280 | 22 | 19 | 300 | 300 | 300 | 300 | |
| | 800 | 100 | 20 | | 780 | 1210 | 20 | 20 | — | — | — | 310 | |
| | | 10000 | 20 | | 800 | 1070 | 8 | 5 | 100 | 300 | 300 | | |
| | Без старения | | 800 | | 680 | 860 | 4 | 13 | — | — | — | — | |
| | 800 | 100 | 800 | | 680 | 860 | 13 | 16 | 450 | — | — | — | |
| | | 10000 | 800 | | 620 | 770 | 8 | 5 | 250 | — | — | — | |
| | Без старения | | 20 | | 930 | 1280 | 22 | 19 | 300 | 300 | 300 | | |
| | 850 | 1000 | 20 | | 730 | 1060 | 17 | 16 | 200 | 300 | 300 | | |
| | | 3000 | 20 | | 720 | 990 | 11 | 10 | 200 | 300 | 300 | | |
| | Без старения | | 850 | | 610 | 720 | 5 | 12 | — | — | — | — | |
| | 850 | 1000 | 850 | | 620 | 740 | 14 | 20 | — | — | — | — | |
| | | 3000 | 850 | | 620 | 710 | 20 | 29 | — | — | — | — | |
| | 900 | 500 | 20 | | 840 | 1020 | 9 | 7 | 150 | 300 | 300 | | |
| 900 | 1000 | 20 | 770 | 1010 | 12 | 10 | 150 | 300 | 300 | | | | |
| 900 | 3000 | 20 | 750 | 960 | 8 | 8 | 100 | 310 | 310 | | | | |
| 900 | 500 | 800 | 690 | 830 | — | — | 250 | — | — | | | | |
| 900 | 1000 | 800 | 700 | 840 | 2 | 5 | 220 | — | — | | | | |
| 900 | 3000 | 800 | 720 | 860 | 3 | 3 | — | — | — | | | | |
| Нагрев Старение | 1220±10, 4–6 ч | Воздух | Диск | Образцы тангенциальные | | | | | | | | | |
| | 950±15, 8 ч | | | Воздух | Без старения | | 20 | 920 | 1250 | — | — | 28 | — |
| | | | | | 800 | 100 | 20 | 880 | 1180 | — | — | — | — |
| | | | | | Без старения | | 750 | 820 | 970 | — | — | 40 | — |
| 800 | 1000 | 750 | 740 | 1040 | 5 | 7 | — | — | — | | | | |
| Длительная прочность в зависимости от температуры испытания | | | | | Жаростойкость [1, 6] | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Длительная прочность | | Среда | t, °C | Увеличение массы, г/(м ² ·ч) | База испытаний, ч | | | | | | |
| | | σ , Н/мм ² | τ , ч, не менее | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23705–79 | 900 | 216 | 50 | Воздух | 900 | 0,0259 | 100 | | | | | | |
| ГОСТ 23705–79 (ВД) | 900 | 216 | 50 | Воздух | 1000 | 0,0251 | 100 | | | | | | |
| ТУ 14–1–2406–78 (ОИ) | 750 | 686 | 0,25 | Воздух | 1100 | 0,186 | 100 | | | | | | |
| | 900 | 220 | 50 | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1190–1060 | — | | На воздухе | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | — | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | | |
| Трудно свариваемый. Способ сварки: РД | | | | | В термообработанном состоянии при 302 НВ и $\sigma_b = 960$ Н/мм ² $K_v = 0,15$ (твердый сплав), $K_v = 0,08$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|-----------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------------|------------------------------|------------|----------|--------|-----|---|-----|----|----|---|---|---|
| ХН65ВМТЮ (ЭИ 893) | | Горячекатаные и кованые прутки — ГОСТ 23705–79, ТУ 14–1–322–72(ВИ), ТУ 14–1–2481–78(ВД). Поковки — ТУ 108.02.005–76. Лопатки — ТУ 108.01.059–86, ТУ 108.02.061–82. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ce | W | Ti | Al | B | Fe | | | | | | | | |
| ≤ 0,05 | ≤ 0,60 | ≤ 0,50 | ≤ 0,012 | ≤ 0,015 | 15,0–17,0 | основа | 3,50–4,50 | ≤ 0,025 | 8,50–10,00 | 1,20–1,60 | 1,20–1,60 | ≤ 0,10 | ≤ 3,00 | | | | | | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °C | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | | | | | | | | | | | |
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | σ , Н/мм ² | τ , ч | | | | | | | | | | |
| | | | | не менее | | | | | | | | не менее | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23705–79(ОИ) | Закалка, 1170°C, 2 ч, воздух Старение 800°C, 12 ч, воздух | ø 34–55 | 20 | 490 | 830 | 20 | 25 | 59 | — | — | — | — | — | | | | | | | | |
| | | ø 20–32 | | | | | | | | | | | | 750 | — | 640 | 11 | 15 | — | — | — |
| | | ø 60–125 | | | | | | | | | | | | 750 | — | 640 | 11 | 15 | — | — | — |
| | | □ 60–125 | | | | | | | | | | | | 750 | — | 640 | 11 | 15 | — | — | — |
| ГОСТ 23705–79(ВИ) | Закалка, 1170°C, 2 ч, воздух Ступенчатый отпуск, 1000°C, 4 ч, охлаждение с печью до 900°C; 900°C, 8 ч, охлаждение с печью до 850°C; 850°C, 15 ч, воздух | ø 34–55 | 20 | 490 | 830 | 20 | 22 | 59 | — | — | — | — | — | | | | | | | | |
| | | ø 20–32 | | | | | | | | | | | | 750 | — | 640 | 11 | 15 | — | — | — |
| | | ø 60–125 | | | | | | | | | | | | 750 | — | 640 | 11 | 15 | — | — | — |
| | | □ 60–125 | | | | | | | | | | | | 750 | — | 640 | 11 | 15 | — | — | — |
| ГОСТ 23705–79(ВД) | Нагрев 1020°C, 1,5 ч, воздух Закалка 1160°C, 2 ч, воздух Отпуск 1000°C, 4 ч, воздух 900°C, 8 ч, воздух 820°C, 15 ч, воздух | ø 34–55 | 20 | 490 | 830 | 20 | 22 | 59 | — | — | — | — | — | | | | | | | | |
| | | ø 20–32 | | | | | | | | | | | | 750 | — | 640 | 20 | 20 | — | — | — |
| | | ø 60–125 | | | | | | | | | | | | 750 | — | 640 | 20 | 20 | — | — | — |
| | | □ 60–125 | | | | | | | | | | | | 750 | — | 640 | 20 | 20 | — | — | — |
| ТУ 14–1–2481–78(ВД) | Закалка 1020°C, 1,5 ч Нагрев до 1160°C, 2 ч, воздух Отпуск 900°C, 8 ч, воздух 820°C, 15 ч, воздух | ø 32–55 | 20 | 490 | 840 | 20 | 22 | 59 | — | — | — | — | — | | | | | | | | |
| | | ø 32–55 | | | | | | | | | | | | 750 | — | 637 | 11 | 15 | — | — | — |
| ТУ 14–1–322–72(ВИ) ¹ | Закалка 1170°C, 2 ч, воздух Ступенчатый отпуск 1000°C, 4 ч, охлаждение до 900°C 900°C, 8 ч, охлаждение до 850°C 850°C, 15 ч, воздух Закалка 1170°C, 2 ч, воздух Отпуск 800°C, 12 ч, воздух | ø 32–55 | 20 | 490 | 840 | 20 | 25 | 59 | — | — | — | — | — | | | | | | | | |
| | | ø 60–125 | | | | | | | | | | | | 750 | — | 637 | 11 | 15 | — | — | — |
| | | ø 32–55 | | | | | | | | | | | | 750 | — | 637 | 11 | 15 | — | — | — |
| | | □ 60–125 | | | | | | | | | | | | 750 | — | 637 | 11 | 15 | — | — | — |
| ТУ 108.02.027–79(ВИ) | Закалка 1170°C, 2 ч, воздух Ступенчатый отпуск 1000°C, 4 ч, охлаждение до 900°C 900°C, 8 ч, охлаждение до 850°C 850°C, 15 ч, воздух | 32–55 | 20 | 490 | 840 | 20 | 25 | 59 | — | — | — | — | — | | | | | | | | |
| | | 32–55 | | | | | | | | | | | | 750 | — | 637 | 11 | 15 | — | — | — |

| ХН65ВМТЮ (ЭИ 893) | | Механические свойства | | | | | | | | | | |
|----------------------|---|-----------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------------------------------|-----|----------------------|----------|
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °C | Кратковременные свойства | | | | | | НВ | Длительная прочность | |
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | σ , Н/мм ² | | τ , ч | |
| | | | | не менее | | | | | | | | не менее |
| ТУ 108.01.059-86(ВД) | Закалка 1020°C, 1,5 ч Нагрев до 1160°C, 2 ч, воздух Отпуск 1000°C, 4 ч, воздух 900°C, 8 ч, воздух 820°C, 15 ч, воздух | | 20 | 490-667 | 833 | 20 | 22 | 54 | 217-277 | 284 | 500 | |
| | | | 750 | — | 637 | 20 | 20 | — | | | | |

¹ Режим термообработки выбирается заводом-поставщиком.

Назначение. Рабочие и направляющие лопатки и крепеж, работающие при температуре до 800°C.

| Условия испытания | | | Предел выносливости, Н/мм ² , при t, °C | | | Малоцикловая выносливость | | |
|-------------------|--------------|-----------------|--|-----|-----|------------------------------------|--|---|
| Тип образца | Цикл | N | 700 | 750 | 800 | Максимальная температура цикла, °C | Размах упруго-пластической деформации, $\Delta \epsilon$, % | N |
| Гладкие | симметричный | 10 ⁷ | 370 | 240 | 200 | 750 | 1,0 0,8 0,65 | 3×10 ³ 6×10 ³ 1×10 ⁴ |
| С надрезом | симметричный | 10 ⁷ | 260 | 100 | — | 800 | 0,7 0,64 0,58 | 1×10 ³ 3×10 ³ 1×10 ⁴ |

| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | Жаростойкость | | | |
|--|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|--|--|--|-------------------|
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | КСУ, Дж/см ² | Среда | t, °C | Суммарная глубина коррозии ² , мм | База испытаний, ч |
| t, °C | τ , ч | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 480-550 | 790-960 | 21-40 | 50-75 | Продукты сгорания природного газа: O ₂ - 16-18%, CO ₂ - 2-3%, H ₂ O - 4-6%, N ₂ - остальное | 700 | 0,0072 | 1000 |
| 650 | 10000 | 660 | 1100 | 22-24 | 30 | | | 0,0134 | 5000 |
| 750 | 20000 | 480 | 890 | 21 | 50 | | Продукты сгорания природного газа: O ₂ - 16-18%, CO ₂ - 2-3%, H ₂ O - 4-6%, N ₂ - остальное; с обмазкой: 3% NaCl, 40% Na ₂ SO ₄ и другие окислы | 0,0219 | 1000 |
| 800 | 5000 | 460-500 | 900-940 | 17-31 | 35-70 | Продукты сгорания газотурбинного топлива: O ₂ - 15-17%, CO ₂ - 6-8%, SO ₂ - 0,05-0,10%, H ₂ O - 6%, N ₂ - остальное; с обмазкой: V ₂ O ₅ - 2,6%, Na ₂ SO ₄ - 21,7% и другие окислы | | 0,0610 | 5000 |
| | | | | | | | 800 | 2,113 | 1000 |

² Суммарная глубина коррозии определяется по ГОСТ 6130-71 п. 5.5 и 6.1.3.

Технологические характеристики

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180-950 | На воздухе | | На воздухе | |
| Заготовка | 1180-950 | На воздухе | | На воздухе | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Температура критических точек, °C | | | |
|--|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | В термообработанном состоянии при 285-293 НВ, $\sigma_b = 940$ Н/мм ² K _v = 0,15 (твердый сплав), K _v = 0,07 (быстрорежущая сталь) | — | — | — | — |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|--|---------------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|---|--|--|-------------------------|---------------------------------|------------|----------|
| ХН65КВЮТЬ (ЦЖ 24) | | Поковки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | |
| С | Cr | Mo | Co | Ti | Al | Nb | W | Ni | | | | |
| 0,11–0,13 | 14,5–15,0 | 4,00–4,10 | 5,50–5,80 | 1,10–1,50 | 1,90–2,30 | 0,40–0,70 | 4,50–5,30 | основа | | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испы- тания, °C | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | | |
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | σ , Н/мм ² | τ , ч | |
| | | | | не менее | | | | | | | | не менее |
| ДЦ (про- мыш- ленная партия) | Закалка 1150°C, 3 ч, масло; отпуск 800°C, 20 ч, воздух | ø 38–105 | 20 | 760 | 1220 | 30 | 38 | 100 | 285 | — | — | |
| Назначение. Крупногабаритные лопатки энергетических газовых турбин. | | | | | | | | | | | | |
| Условия испытания | | | Предел выносливости, Н/мм ² , при t, °C | | | Малоцикловая выносливость | | | | | | |
| Тип образца | Цикл | N | 20 | 570 | 750 | Максимальная температура цикла, °C | Размах упруго- пластической деформации $\Delta \epsilon$, % | | N | | | |
| Гладкие | симметричный | 10 ⁸ | 300 | — | 395 | 750 | 1,1 | | 1×10 ³ | | | |
| Гладкие | асимметричный ($\sigma_{ст.} = 150$ Н/мм ²) | 10 ⁸ | — | 305 | 345 | | 0,8 | | 3×10 ³ | | | |
| С надрезом | асимметричный ($\sigma_{ст.} = 150$ Н/мм ²) | 10 ⁸ | — | — | 190 | 800 | 0,6 | | 1×10 ⁴ | | | |
| | | | | | | | 0,7 | | 1×10 ³ | | | |
| | | | | | | | 0,65 | | 3×10 ³ | | | |
| | | | | | | | 0,6 | | 1×10 ⁴ | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | Жаростойкость | | | | | | |
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | КСУ, Дж/см ² | Среда | t, °C | Суммарная глубина коррозии ¹ , мм | База испытаний, ч | | | |
| t, °C | τ , ч | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 790 | 1200 | 30 | 70 | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 8–10%, CO ₂ – 4–6%, H ₂ O – 6,0%, N ₂ – остальное | 750 | 0,0177 | 5000 | | | |
| 550 | 14000 | 804 | 1155 | 34,0 | 50 | | | | 800 | 0,0230 | 10000 | |
| 600 | 14000 | 859 | 1145 | 29,0 | 45 | | | | | | 0,037 | 5000 |
| 650 | 14000 | 832 | 1194 | 29,0 | 48 | | 0,054 | 10000 | | | | |
| 700 | 14000 | 764 | 1186 | 28,0 | — | | | | | | | |
| 750 | 14000 | 636 | 1117 | 26,0 | 40 | | | | | | | |
| 800 | 14000 | 541 | 1051 | 25,5 | 40 | ¹ Суммарная глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 пп. 5.5 и 6.1.3. | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Деформируемость | | | | | |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | В закаленном и отпущенном состоянии при 285 НВ и $\sigma_b = 1220$ Н/мм ² K _v = 0,08 (твердый сплав), K _v = 0,04 (быстрорежущая сталь) | | | | Сплав, хорошо куется в интервале температур 950–1200°C, обладает высокой технологичностью при прокатке, выдерживает большие деформации под прессом и молотом | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|--------------------------------------|---|---|---|--|-------------------|----------------------|----------------------|----------|-----------------|-----------------|--|
| ХН65КМВЮБ-ВД (ЭП 800-ВД) | | Прессизделия — ТУ 14-1-4834-90. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-4834-90 | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | W | Cr | Mo | Al | Nb | Co | Ni | Fe | B | Ce | |
| ≤ 0,05 | ≤ 0,40 | ≤ 0,50 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 4,00–6,00 | 12,0–13,5 | 5,00–6,00 | 4,20–4,90 | 1,50–2,00 | 8,50–10,50 | основа | ≤ 3,00 | По расчету 0,01 | По расчету 0,02 | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °C | Кратковременные свойства | | | | | | | Длительная прочность | | | | |
| | | | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | НВ | σ, Н/мм ² | τ, ч | | | | |
| | | | | не менее | | | | | | | | не менее | | | |
| ТУ 14-1-4834-90 | Закалка 1150–1180°C, 5 ч, воздух Нагрев 1050°C, 2 ч, воздух Нагрев 1000°C, 2 ч, воздух Отпуск 900°C, 2 ч, воздух Отпуск 850°C, 2 ч, воздух | 60–125 | 20 800 800 | 635 588 — | 1080 810 — | 14 8 — | 15 12 — | 29 — — | — — — | — — 392 | — — 100 | | — — 100 | | |
| Назначение. Штампованные лопатки высокотемпературных газовых турбин. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Условия испытания | | | Предел выносливости, Н/мм ² , при t, °C | | | Малоцикловая выносливость | | | | | | | | | |
| Тип образца | Цикл | N | 20 | 450 | 800 | Максимальная температура цикла, °C | Размах упруго-пластической деформации Δε, % | | | N | | | | | |
| Гладкие | симметричный | 10 ⁸ | 255 | — | 350 | 800 | 0,82 | | | 1×10 ³ | | | | | |
| Гладкие | асимметричный (σ _{ст.} = 150 Н/мм ²) | 10 ⁸ | — | 270 | 305 | | 0,75 | | | 5×10 ³ | | | | | |
| С надрезом | асимметричный (σ _{ст.} = 150 Н/мм ²) | 10 ⁸ | — | — | 206 | | 0,6 | | | 1×10 ⁴ | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | Жаростойкость | | | | | | | | | | |
| Режим старения | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | KCU, Дж/см ² | Среда | t, °C | Суммарная глубина коррозии ¹ , мм | База испытаний, ч | | | | | | |
| t, °C | τ, ч | | | | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 750 | 1250 | 25 | 45 | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 8–10%, CO ₂ – 4–6%, H ₂ O – 6%, SO ₂ – 0,1%, N ₂ – остальное | 800 | 0,017 | 1000 | | | | | | |
| 700 | 10000 | 820–870 | 1310–1320 | 10,5–11,5 | 160–180 | | 850 | 0,030 | 5000 | | | | | | |
| 750 | 10000 | 790–840 | 1270–1280 | 9,5–10,5 | 110–120 | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 8–10%, CO ₂ – 4–6%, H ₂ O – 6%, N ₂ – остальное | 800 | 0,002 | 1000 | | | | | | |
| | | | | | | | 850 | 0,006 | 5000 | | | | | | |
| 800 | 10000 | 770–790 | 1110–1190 | 6,7–8,0 | 120–130 | ¹ Суммарная глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.5 и 6.1.3. | 800 | 0,008 | 1000 | | | | | | |
| | | | | | | | 850 | 0,019 | 5000 | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Рациональные температурные интервалы операций обработки давлением, °C | | | | | | | | | | | | | | | |
| Состояние | Осадка | | Ковка под молотом | Прокатка | Прессование | Штамповка | | | | | | | | | |
| | пресс | молот | | | | | | | | | | | | | |
| Литое | 1050–1200 | | 1100–1200 | 1000–1130 | 1190–1200 | — | | | | | | | | | |
| Деформированное | 1000–1230 | | 1050–1200 | 1000–1200 | 1050–1200 | 1130–1200 | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | Выплавка | | Деформируемость | | | | | | | | |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | После закалки и старения при σ _в = 1080 Н/мм ² K _v = 0,14 (твердый сплав), K _v = 0,07 (быстрорежущая сталь) | | | ВД – переплав электродов открытой индукционной выплавки | | Нагрев заготовок под прессование 1120–1140°C, скорость прессования 800 мм/с, усилие прессования 550–650 Н/мм ² . | | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|---|------------------|--------------------------------------|---|-------------|---|---|-------------------|----------------------|-------------------|---------|--|------------------|------------------|------------------|
| ХН65КВМЮТЬ-ВД (ЭК 78-ВД) | | Прессизделия — ТУ 14-1-4026-85. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-4026-85 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Fe | Cr | Ni | Co | W | Mo | Al | Ti | Nb | B | Hf | Y | La |
| ≤ 0,05 | ≤ 0,40 | ≤ 0,50 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | ≤ 3,00 | 14,5–16,0 | ос-нова | 5,0–6,0 | 4,5–6,0 | 3,5–5,0 | 1,5–2,3 | 1,50–2,30 | 1,5–2,0 | По рас-чету 0,01 | По рас-чету 0,04 | По рас-чету 0,05 | По рас-чету 0,02 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | Сечение, мм | t испы-тания, °С | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | | | | | | |
| | | | | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | НВ | σ, Н/мм ² | τ, ч | | | | | |
| | | | | | не менее | | | | | | | не менее | | | | | |
| ТУ 14-1-4026-85 | Закалка 1170°С, 3 ч, охлаждение с печью в течение 1–2 ч до 1000°С, воздух. Нагрев 1000°С, 2 ч, воздух. Отпуск 800°С, 20 ч, воздух. | | 70–125 | 20 750 | 685 588 | 1130 880 | 20 15 | 20 20 | 49 — | — — | — 441 | — 100 | | | | | |
| Назначение. Штампованные и кованные лопатки высокотемпературных газовых турбин. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Условия испытания | | | Предел выносливости, Н/мм ² , при t, °С | | | Малоцикловая выносливость | | | | | | | | | | | |
| Тип образца | Цикл | N | 20 | 580 | 750 | Максимальная температура цикла, °С | | Размах упруго-пластической деформации Δε, % | | N | | | | | | | |
| Гладкие | симметричный | 10 ⁸ | 350 | — | — | 650 | | 0,90 | | 1×10 ³ | | | | | | | |
| Гладкие | асимметричный (σ _{ст} = 300 Н/мм ²) | 10 ⁸ | 290 | 235 | — | | | | | 0,68 | | 5×10 ³ | | | | | |
| Гладкие | асимметричный (σ _{ст} = 150 Н/мм ²) | 10 ⁸ | — | — | 275 | | | | | | | 0,5 | | 1×10 ⁴ 2×10 ⁴ | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | Жаростойкость | | | | | | | | | | | |
| Режим старения | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | КCU, Дж/см ² | Среда | | t, °С | Суммарная глубина коррозии ¹ , мм | База испытаний, ч | | | | | | | |
| Без старения | | 760 | 1220 | 31 | 100 | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 16–18%, CO ₂ – 2–3%, H ₂ O – 4–6%, N ₂ – остальное | | 700 | 0,0064 0,0127 | 1000 5000 | | | | | | | |
| 550 | 30000 | 880 | 1280 | 20 | 70 | | | | | | | | | | | | |
| 600 | 30000 | 880 | 1200 | 31 | 40 | | | | | | | | | | | | |
| 650 | 30000 | 840 | 1190 | 27 | 50 | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 16–18%, CO ₂ – 2–3%, H ₂ O – 4–6%, N ₂ – остальное; с обмазкой: NaCl – 3,0%, Na ₂ SO ₄ – 40% и другие окислы | | 700 | 0,011 0,040 | 1000 5000 | | | | | | | |
| 700 | 30000 | 760 | 1240 | 24 | 50 | | | | | | | | | | | | |
| 750 | 30000 | 620 | 1160 | 26 | 40 | | | | | | | | | | | | |
| 800 | 30000 | 460 | 970 | 23 | 40 | ¹ Суммарная глубина коррозии определяется по ГОСТ 6130-71 п. 5.5 и 6.1.3. | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Рациональные температурные интервалы операций обработки давлением, °С | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Состояние | Осадка | | | | Ковка под молотом | Прокатка | Прессование | Штамповка | | | | | | | | | |
| | пресс | | молот | | | | | | | | | | | | | | |
| Литое | 1050–1200 | | 1100–1200 | | 1100–1200 | 1000–1130 | 1190–1200 | — | | | | | | | | | |
| Деформированное | 1000–1230 | | 1050–1200 | | 1050–1200 | 1000–1200 | 1050–1200 | 1130–1200 | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | Вылавка | | | Деформируемость | | | | | | | | |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | В состоянии закалки и старения при σ _в = 1130 Н/мм ² K _r = 0,14 (твердый сплав), K _r = 0,07 (быстрорежущая сталь) | | | ВД – переплав электродов открытой индукционной выплавки | | | Температура нагрева литого металла под прессование 1100°С, деформированного под штамповку 1180–1050°С | | | | | | | | |

| Марка сплава | Вид поставки |
|---------------------|--|
| ХН65МВУ (ЭП 760) | Лента холоднокатаная — ТУ 14-1-4202-87. Заготовка трубная ковкая — ТУ 14-1-3768-84. Лист горячекатаный — ТУ 14-1-3239-81. Лист холоднокатаный — ТУ 14-1-3587-83. Проволока сварочная — ТУ 14-1-4727-89. Пруток горячекатаный — ТУ 14-1-4870-90. Труба электросварная — ТУ 14-3-1227-83. Труба бесшовная — ТУ 14-3-1320-85. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72

| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | W | Fe |
|--------|--------|--------|---------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|--------|
| ≤ 0,02 | ≤ 0,10 | ≤ 1,00 | ≤ 0,012 | ≤ 0,015 | 14,5–16,5 | основа | 15,0–17,0 | 3,00–4,00 | ≤ 0,50 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------------------------|----------------------|-------|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-3239-81, ТУ 14-1-3587-83 | Закалка | 1070 | Вода | Лист г/к 4-8× 1000×2000 х/к 9-20× 1000×2000 | 440 | 850 | 40 | — | — | — | — |
| ТУ 14-1-3768-84 | | ПС | | Заготовка ø 180, 185, 190 | 375 | 780 | 40 | — | — | — | — |
| ТУ 14-1-4202-87 | | ПС | | Лента х/к 0,4-2,0×365 400×L рулона | 392 | 833 | 40 | — | — | — | — |
| ТУ 14-1-4727-89 | | ПС | | Проволока ø 2,0-4,0 | | | | | | | |
| ТУ 14-1-4870-90 | | ПС | | Пруток г/к ø 20-120, □ 20-120 | 375 | 780 | 40 | — | — | — | — |
| ТУ 14-3-1227-83 | | ПС | | Труба ø 25-76 Длина 3000 | 340 | 830 | 35 | — | — | — | — |
| ТУ 14-3-1320-85 | | ПС | | Труба ø 25-76 | 392 | 833 | 35 | — | — | — | — |

Назначение. Для изготовления сварной аппаратуры (колонны, теплообменники, реакторы), эксплуатирующиеся в наиболее жестких условиях (среды окислительно-восстановительного характера) химической и нефтегазовой промышленности и других отраслей при температуре от минус 70 до 500°C и при давлении среды не более 5,0 Н/мм².

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HB |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [15] | Закалка | 1070 | Вода | Лист 10 | -70 | — | — | — | — | 150 | — |
| | | | | | 20 | 440-460 | 850-950 | 40-50 | 40-60 | 160 | — |
| | | | | | 100 | 400-480 | 850-930 | 40-45 | 40-48 | 160 | — |
| | | | | | 200 | 450-480 | 850-930 | 43-48 | 42-48 | 160 | — |
| | | | | | 300 | 450-460 | 800-920 | 43-46 | 42-45 | 160 | — |
| | | | | | 400 | 430-480 | 800-870 | 40-42 | 33-36 | 170 | — |
| | | | | | 500 | 430-480 | 800-850 | 35-36 | 33-35 | 180 | — |
| | | | | | 600 | 480 | 800 | 37 | 33 | 190 | — |

Механические свойства при повышенных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | n, об |
|------|----------------------|-------|-------------------|--------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [15] | Закалка | 1100 | Вода | Пруток 90 | 800 | 260 | 400 | — | — | — | — |
| | | | | | 900 | 140 | 300 | 120 | 90 | 110 | 15 |
| | | | | | 1000 | — | 110 | 160 | 80 | 160 | 28 |
| | | | | | 1100 | 60 | 100 | 140 | 75 | 220 | 30 |
| | | | | | 1200 | — | 60 | 100 | 65 | 340 | 30 |
| | | | | | 1250 | — | 50 | 80 | 65 | 300 | 20 |

ХН65МВУ (ЭП 760)

Механические свойства при температуре 20°C в зависимости от степени холодной деформации

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Степень обжатия, % | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|--------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [15] | Закалка | 1100 | Вода | Лист 2,0 | 0 | 440–470 | 800–850 | 55–65 | — | — | 20 |
| | | | | | 5 | 460–565 | 850–965 | 51–55 | — | — | 20–25 |
| | | | | | 10 | 640–870 | 900–1115 | 25–48 | — | — | 22–30 |
| | | | | | 20 | 890–1080 | 1080–1210 | 15–26 | — | — | 28–38 |
| | | | | | 30 | 1093–1240 | 1200–1210 | 10–15 | — | — | 30–39 |
| | | | | | 50 | 1300–1455 | 1500–1680 | 5–7 | — | — | 40–45 |
| | | | | | 60 | — | — | — | — | — | 43–50 |
| | | | | | 80 | 1710 | 1720–1780 | 3 | — | — | 50–55 |

Коррозионная стойкость [15]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|---|-------|-----------------|----------------|
| Общая | Стоек против питтинговой в 10% растворе хлорного железа | | | |
| Точечная | — | — | — | — |
| Коррозионное растрескивание | Стоек в 42% кипящем растворе хлористого магния | | | |
| Межкристаллитная | Сплав стоек после проводящего отпуска при 800°C, в течении 0,5 ч и испытания в кипящем 30% растворе серной кислоты с 40 г/л сернокислого железа в течение 48 ч. | | | |
| | Сварные соединения стойки. | | | |

Сплав коррозионно-стойк в следующих агрессивных средах:

— в растворах солей неорганических кислот (хлористый алюминий, хлористый аммоний, сернокислородное железо, хлорное железо, хлористый кальций и т.д.), в водных растворах хлорида меди (до 20%) и железа (до 35%) сплав стоек до 70–95°C (0,05 мм/год);

— в окислительных средах хромовой (в 10–13% растворе при 25°C скорость коррозии 0,3–0,6 мм/год), хлорсульфоновой (при 20–200°C скорость коррозии ≤ 0,1 мм/год), хлорной и хлорноватой (всех концентраций при 20°C скорость коррозии ≤ 0,1 мм/год) кислот;

— во влажном и сухом хлоре, хлористом водороде до 540°C, сухом фтористоводородном газе до 650°C, во влажном и сухом SO₂ при 70°C;

— в серной кислоте всех концентраций (от 1 до 93%) вплоть до 70°C, при температурах кипения только в разбавленных растворах (≤ 30%). Присутствие в серной кислоте HNO₃, H₂CrO₄, Fe³⁺, Cu²⁺, H₂O₂, Cl⁻ значительно повышает стойкость сплава;

— в соляной кислоте всех концентраций при комнатной температуре (скорость коррозии ≤ 0,06 мм/год), а при 70°C только в очень разбавленных растворах (до 2%). Сплав стоек в присутствии в растворах окисляющих хлоридов.

— в азотной кислоте — вплоть до 50%- концентрации скорость коррозии сплава при 65°C ниже 0,5 мм/год;

— в фосфорной кислоте до 50% концентрации при температуре кипения, сплав хорошо сопротивляется коррозии в смеси фосфорной кислоты с такими компонентами, как плавиковая кислота или окислительные соли;

— во фтористоводородной кислоте при 20°C до 80% концентрации, а также 10- и 30% кислоте соответственно 95 и 75°C;

— в органических кислотах (уксусной, муравьиной и масляной), в уксусной кислоте в присутствии перекисных соединений и гидрокарбоната;

— в продуктах сгорания диоксида углерода и гидрокарбоната при 1000°C, гидросульфата водорода и во влажном диоксиде серы при 800°C.

Технологические характеристики [15]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1220–950 | Обязательный нагрев после ковки при 1070+20°C с выдержкой 3–5 мин/мм сечения и охлаждение в воде или под водяным душем | | | |
| Заготовка | 1220–950 | | | | |

Свариваемость

Трудно свариваемый.
Способы сварки: РД (применяют электрод ОЗЛ–21 по ТУ МОС 3–1157–70), РАД (в качестве присадочного материала используют проволоку ХН65МВУ или ХН65МВ)

Обработываемость резанием

При пониженных скоростях резания (из-за высокой склонности к наклепу)
K_v = 0,15 (твердый сплав),
K_v = 0,07 (быстрорежущая сталь)

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------------|--|---|----------------------|------------------------------|----------------------|----------|----------|
| ХН67МВТЮ (ЭП 202, ЭИ 445Р) | | Прутки горячекатаные и кованные — ГОСТ 23705–79. Прокат листовой — ГОСТ 24982–81. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Fe | W | Ti | Al | B | Ce |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,60 | ≤ 0,50 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 17,0–20,0 | основа | 4,00–5,00 | ≤ 4,00 | 4,00–5,00 | 2,20–2,80 | 1,00–1,50 | ≤ 0,01 | ≤ 0,01 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °C | Кратковременные свойства | | | | | | | Длительная прочность | | |
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | σ , Н/мм ² | τ , ч | | |
| | | | | не менее | | | | | | | | не менее | не менее |
| ГОСТ 23705–79 | Закалка, 1100–1150°C, 5 ч, воздух Старение 800–850°C, 10 ч, воздух | ∅ 15–55 ∅ 60–100 □ 60–180 | 20 | 550 | 930 | 16 | 18 | 34 | 241–341 | — | — | | |
| ГОСТ 24982–81 | Закалка, 1140–1160°C воздух или вода Отпуск, 850°C, 5 ч, воздух | Лист ≥ 4,0 | 20 | 550 | 930 | 18 | 18 | 40 | — | — | — | — | — |
| | Закалка 1070–1090°C, воздух или вода Отпуск 850°C, 5 ч, воздух | Лист до 3,9 | 20 | — | 930 | 15 | — | — | — | — | — | — | — |
| Назначение. Диски, корпуса, рабочие и сопловые лопатки газовых турбин со сроком службы до 25000 ч, работающие кратковременно при температурах до 850°C и длительно до 800°C. | | | | | | | | | | | | | |
| Сплав жаропрочный. | | | | | | | | | | | | | |
| Условия испытания | | | Предел выносливости, σ_{-1} , Н/мм ² , при t, °C | | | | Малоцикловая выносливость | | | | | | |
| Тип образца | Цикл | N | 700 | 750 | 800 | 850 | Максимальная температура цикла, °C | Размах упруго-пластической деформации $\Delta \epsilon$, % | | N | | | |
| Гладкие | симметричный | 10 ⁷ | 300–320 | 320–340 | 310–330 | 280–300 | — | — | | — | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | Жаростойкость | | | | | | | |
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | KCU, Дж/см ² | Среда | | t, °C | Глубина коррозии, мм | База испытаний, ч | | | |
| t, °C | τ , ч | — | — | — | 50 | — | | — | — | — | | | |
| 700 | 1000 | — | — | — | 20 | — | | — | — | — | | | |
| 770 | 1000 | — | — | — | 17 | — | | — | — | — | | | |
| 850 | 1000 | — | — | — | 17 | — | | — | — | — | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1180–950 | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Заготовка | — | — | | — | | — | | — | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Деформируемость | | | | | | |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы предварительный подогрев и последующая термообработка. | | | После закалки и старения при 320 НВ и $\sigma_a = 950$ Н/мм ² $K_v = 0,1$ (твердый сплав), $K_v = 0,08$ (быстрорежущая сталь) | | | | Максимальная степень деформации 50%, минимальная – 12%. Степень деформации при холодной штамповке не более 50% | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ХН70Ю (ЭИ 652) | | Лист тонкий — ГОСТ 24982–81. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ba | Al | Ce | Fe | Cu | Ni | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,10 | ≤ 0,80 | ≤ 0,30 | ≤ 0,012 | ≤ 0,015 | 26,0–29,0 | ≤ 0,10 | 2,80–3,50 | ≤ 0,03 | ≤ 1,00 | ≤ 0,07 | основа | — | — | — | — |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | t испытания, °С | НВ | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 24982–81 | Лист холоднокатаный | | | До 3,9 | — | ≤ 980 | 30 | — | — | 20 | — | | | | |
| | Закалка (10 мин) | 1100–1150 | Вода, водяной душ или воздух | | | | | | | | | | | | |
| ДЦ | Лист горячекатаный | | | ≥ 4,0 | — | ≤ 750 | 30 | — | 292 | 20 | — | | | | |
| | Закалка (10 мин) | 1200 | Воздух | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Камеры сгорания, узлы деталей печей и другого оборудования, длительно работающего при температурах до 1200°С. Сплав немагнитен. Сплав выплавляется в открытых дуговых или индукционных электропечах. Термическая стойкость сплава после закалки с 1200°С, 10 мин, воздух при продолжительности цикла 1 мин составляет для температуры испытаний 800 – 20 и 1200 – 20°С соответственно 87 и 26 циклов. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Длительная прочность, Н/мм ² | | | | | | | | | | | | | | | |
| t, °С | Длительность испытания, ч | | | Термообработка | | | | | | | | | | | |
| | 100 | 1000 | 10000 | | | | | | | | | | | | |
| 800 | 85 | 50 | 29 | Нагрев до 1200°С, воздух | | | | | | | | | | | |
| 900 | 40 | 18 | 8 | | | | | | | | | | | | |
| 1000 | 19 | 8 | 3,4 | | | | | | | | | | | | |
| 1050 | 14 | 5,5 | 2,1 | | | | | | | | | | | | |
| 1100 | 9 | 4 | 1,8 | | | | | | | | | | | | |
| 1150 | 7 | 3 | 1,4 | | | | | | | | | | | | |
| 1200 | 5 | 2,2 | 0,9 | | | | | | | | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | Жаростойкость | | | | | | | | | | | |
| — | | | | Среда | t, °С | Увеличение массы | | Выдержка, ч | | | | | | | |
| | | | | | | г/м ² | г/(м ² ·ч) | | | | | | | | |
| Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | Воздух | 1150 | 4,1 | 0,04 | 100 | | | | | | | |
| Время, ч | t, °С | КСУ, Дж/см ² | | | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | — | | | | | | | | | | | | | |
| — | | — | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Воздух | 1200 | 20,1 | 0,21 | 100 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Воздух | 1200 | 31,0 | 0,04 | 800 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Воздух | 1200 | 56,8 | 0,028 | 2000 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Воздух | 1200 | 60,3 | 0,02 | 3000 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал деформации, °С | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | | |
| Слиток | 1180–900 | | | | | На воздухе | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | Флокочувствительность | | | | | | | |
| В тонких сечениях может проводиться всеми видами сварки. | | | | При малых скоростях резания удовлетворительная | | | | — | | | | | | | |
| | | | | | | | | Склонность к отпусковой хрупкости | | | | | | | |
| | | | | | | | | — | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------------------|-------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|----------------|---|-------------------------|-----------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ХН70БДТ (ЭК 59) | | Поковки-штанги — ТУ 14-1-3661-83. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-3661-83 | | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Fe | Ni | Nb | Cu | Ti | Al | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| 0,08–0,12 | ≤ 0,30 | ≤ 0,80 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 16,0–18,0 | 8,0–10,0 | основа | 2,00–3,00 | 0,50–0,80 | 0,40–0,60 | ≤ 0,40 | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-3661-83 | Закалка | 1050±10 | Воздух | ø 20–25 | 280 | 680 | 22,0 | 55,5 | 15,0 | — | — | | | | |
| не менее | | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Высокотемпературные элементы оборудования АЭУ с водяным теплоносителем. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 ⁴ ч | | | | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | — | | | | | | | | | | | |
| Перегретый пар | 650 | 0,010 | 1000 | Чувствительность к охрупчиванию при старении | | | | | | | | | | | |
| | | | | Время, ч | | | | t, °С | | | | КCU, Дж/см ² | | | |
| | | | | Исходное состояние | | | | | | | | — | | | |
| | | | | — | | | | | | | | — | | | |
| Коррозионная стойкость | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | | | | t, °С | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | | | | |
| Общая | Вода, содержащая 13г/кг Н ₃ ВО ₃ и 0,02г/кг КОН, pH – 6,35 | | | | До 350 | 3000 | 1 | | | | | | | | |
| | Вода, содержащая до 100 мг/кг Сl ⁻ и до 6 мг/кг О ₂ | | | | До 350 | 3000 | 1 | | | | | | | | |
| Точечная | Вода, содержащая 13г/кг Н ₃ ВО ₃ и 0,02г/кг КОН, pH – 6,35 | | | | До 350 | 3000 | Питтингов нет | | | | | | | | |
| | Вода, содержащая до 100 мг/кг Сl ⁻ и до 6 мг/кг О ₂ | | | | До 350 | 3000 | Питтингов нет | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | 25% NaCl + 0,5% K ₂ Cr ₂ O ₇ | | | | 200 | 500 | Трещин нет | | | | | | | | |
| | Вода, содержащая до 100 мг/кг Сl ⁻ и до 6 мг/кг О ₂ | | | | До 350 | 3000 | Трещин нет | | | | | | | | |
| | 25% КОН | | | | 300 | 750 | Трещин нет | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | Не проявляет склонности к МКК при испытаниях по методам АМ, АМУ ГОСТ 6032–2003. | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | | |
| Температурные параметрыковки, °С | | | | Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | |
| 1160–950 | | | | Ограниченно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | | В состоянии закалки при σ _в = 680 Н/мм ² K _v = 0,74 (твердый сплав), K _v = 0,42 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------------------------|---|----------------|--|-------------------------|-----------|--------|
| ХН70ВМЮТ (ЭИ 765) | | Горячекатаные и кованные прутки — ТУ 14-1-1358-74. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72 | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Fe | W | Ti | Al | B |
| 0,10-0,16 | ≤ 0,60 | ≤ 0,50 | ≤ 0,012 | ≤ 0,015 | 14,0-16,0 | основа | 3,00-5,00 | ≤ 3,00 | 4,00-6,00 | 1,00-1,40 | 1,70-2,20 | ≤ 0,01 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-1358-74 | Закалка | 1150, 3 ч | Масло | 32-55 | 20 | 588 | 980 | 20 | 25 | 59 | — | |
| | Отпуск | 800, 20 ч | Воздух | | 700 | — | 735 | 12 | 13 | 59 | — | |
| Назначение. Лопатки стационарных газовых турбин, работающие при температуре до 800-850°C, крепежные детали, работающие при температуре до 650-750°C. | | | | | | | | | | | | |
| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | | | t, °C | Длительная прочность в зависимости от температуры испытания [1] | | | | | |
| | σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | Тип образца | Цикл | | Длительная прочность | | | | | |
| 700 | 400 | — | 10 ⁷ | Образцы гладкие | симметричный | 700 | σ, Н/мм ² | | τ, ч, не менее | | | |
| 750 | 380 | — | 10 ⁷ | | | | 490 | | 75 | | | |
| 800 | 320 | — | 10 ⁷ | | | | 490 | | 75 | | | |
| 700 | 250 | — | 10 ⁷ | Образцы с надрезом | симметричный | 700 | σ, Н/мм ² | | τ, ч, не менее | | | |
| 750 | 250 | — | 10 ⁷ | | | | 490 | | 75 | | | |
| 800 | 210 | — | 10 ⁷ | | | | 490 | | 75 | | | |
| t, °C | σ _{стат} , Н/мм ² | Предел выносливости, σ ₋₁ , Н/мм ² , при циклах нагружения N (пруток, образцы продольные) [6] | | | | | | Термообработка | | | | |
| | | 10 ⁶ | 10 ⁷ | 10 ⁷ | 10 ⁸ | 10 ⁸ | 5·10 ⁸ | | 5·10 ⁸ | | | |
| 20 | — | — | 420 | 280 | — | — | — | — | Нагрев 1150°C, 3 ч, масло. Старение 800°C, 20 ч, воздух | | | |
| 600 | — | 350 | 350 | — | — | — | — | — | | | | |
| 650 | — | 375 | 355 | 340 | — | — | — | — | | | | |
| 700 | — | 410 | 385 | 370 | 350 | 250 | — | — | | | | |
| 750 | — | 430 | 380 | 330 | 300 | 250 | 240 | 220 | | | | |
| 800 | — | — | 320 | 260 | 220 | 210 | 160 | 120 | | | | |
| Тип образца | | Гладкий | Гладкий | С надрезом | Гладкий | С надрезом | Гладкий | С надрезом | | | | |
| Механические свойства сплава при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [6] | Нагрев | 1150, 3 ч | Масло | Прутки Образцы продольные | 20 | 670 | 1030 | 28 | 26 | 80 | — | |
| | | Старение | 800, 20 ч | | Воздух | 500 | 640 | 1020 | 27 | 23 | 90 | — |
| | 565 | | | | | 640 | 1020 | 28 | 27 | 105 | — | |
| | | | | | 600 | 640 | 970 | 23 | 18 | 90 | — | |
| | | | | | 650 | 600 | 900 | 20 | 23 | 85 | — | |
| | | | | | 700 | 580 | 890 | 16 | 27 | 90 | — | |
| | | | | | 750 | 580 | 710 | 14 | 28 | 85 | — | |
| | | | | | 800 | 500 | 570 | 17 | 34 | 105 | — | |
| | | | | | 850 | 400 | 410 | 21 | 57 | 115 | — | |
| | | | | | 900 | 280 | 300 | 31 | 70 | — | — | |
| | | | | | 950 | 120 | 140 | 49 | 74 | — | — | |
| | | | | | 1000 | 70 | 80 | 58 | 76 | — | — | |

| ХН70ВМЮТ (ЭИ 765) | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------|-------------------|------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--|
| Пределы длительной прочности и ползучести стали | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ³ | 2·10 ³ | 5·10 ³ | 1·10 ⁴ | 2·10 ⁴ | 2/10 ⁴ |
| [6] | Нагрев | 1150, 3 ч | Масло | 565 | 700 | 670 | — | 590 | 550 | — |
| | Старение | 800, 20 ч | Воздух | 600 | 650 | 600 | 560 | 530 | 500 | — |
| | | | | 650 | 480 | 400 | — | 370 | 340 | — |
| | | | | 700 | 310 | 270 | — | — | — | — |
| | | | | 750 | 220 | 200 | 170 | 160 | 140 | — |
| | | | | 800 | 140 | — | — | — | — | — |
| | | | | 565 ¹ | — | — | — | — | 460 | — |
| | | | | 600 ¹ | — | — | — | — | 370 | — |
| | | | | 750 ¹ | — | 300 | — | — | 150 | 16 |

¹ Образцы с надрезом.

| Механические свойства при различных температурах после длительного старения | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------|-------------------|-------------|--------------------|------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|----|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ, ч | | | | | | | | |
| [6] | Нагрев | 1150, 3 ч | Масло | Пруток | Исходное состояние | | 20 | Образцы продольные | | | | | | — |
| | | | | | | | | 750 | 1090 | 30 | 26 | 80 | | |
| | Старение | 800, 20 ч | Воздух | | 550 | 5000 | 20 | 750 | 1100 | 29 | 29 | 50 | — | |
| | | | | | 550 | 5000 | 550 | 710 | 1060 | 26 | 28 | — | — | |
| | | | | | 600 | 3000 | 20 | 770 | 1180 | 24 | 28 | 55 | — | |
| | | | | | 600 | 3000 | 600 | 680 | 1040 | 24 | 27 | — | — | |
| | | | | | 600 | 8000 | 20 | 860 | 1280 | 20 | 24 | 43 | — | |
| | | | | | 600 | 8000 | 600 | 720 | 1060 | 14 | 26 | — | — | |
| | | | | | 650 | 5000 | 20 | 800 | 1220 | 25 | 27 | 42 | — | |
| | | | | | 650 | 5000 | 650 | 680 | 1070 | 17 | 24 | — | — | |
| | 700 | 1000 | 20 | | 750 | 1190 | 21 | 33 | 59 | — | | | | |
| | 700 | 1000 | 700 | | 680 | 1040 | 19 | 23 | — | — | | | | |
| | 700 | 2000 | 20 | | 710 | 1170 | 17 | 19 | 18 | — | | | | |
| | 700 | 20000 | 700 | | 610 | 950 | 19 | 24 | — | — | | | | |
| | 750 | 3000 | 20 | | 680 | 1150 | 26 | 29 | 56 | — | | | | |
| | 750 | 3000 | 750 | | 580 | 910 | 28 | 31 | — | — | | | | |
| | 750 | 20000 | 20 | | 590 | 1060 | 20 | 20 | 35 | — | | | | |
| | 750 | 20000 | 750 | | 540 | 730 | 16 | 20 | — | — | | | | |
| | 800 | 1000 | 20 | | 590 | 910 | 10 | 21 | 55 | — | | | | |
| | 800 | 1000 | 800 | | 560 | 780 | 29 | 39 | — | — | | | | |
| 800 | 8000 | 20 | 610 | 1100 | 28 | 27 | 40 | — | | | | | | |
| 800 | 8000 | 800 | 460 | 620 | 27 | 48 | — | — | | | | | | |

ХН70ВМЮТ (ЭИ 765)

Релаксационная стойкость (пруток, образцы продольные)

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_t , Н/мм ² , за время τ , ч | | | | | | | | НВ |
|-----|----------------------|-----------|-------------------|-------|--------------------------------|--|-----|------|------|--------|------|-------|-------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 100 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 6000 | 10000 | 12000 | |
| [6] | Нагрев | 1150, 3 ч | Масло | 555 | 350 | — | 330 | — | — | 310 | 310 | — | (310) | — |
| | | | | 565 | 300 | — | 280 | — | — | 280 | 275 | — | (270) | — |
| | Старение | 800, 20 ч | Воздух | 565 | 250 | — | 240 | — | — | 230 | 225 | — | (220) | — |
| | | | | 600 | 350 | 330 | 325 | 310 | — | 310 | 305 | — | (300) | — |
| | 600 | 300 | 280 | 275 | 274 | — | 265 | 260 | — | (250) | — | | | |
| | 600 | 250 | 240 | 230 | 228 | — | 215 | 205 | — | (200) | — | | | |
| | 650 | 300 | — | 260 | — | — | 245 | 220 | — | (1850) | — | | | |
| | 650 | 250 | — | 220 | — | — | 200 | 190 | — | (160) | — | | | |
| | 700 | 300 | 250 | 220 | 210 | — | 190 | 175 | — | (130) | — | | | |
| | 700 | 250 | 210 | 185 | 175 | — | 150 | 135 | — | (110) | — | | | |
| | 700 | 200 | 170 | 145 | 135 | — | 120 | 110 | — | (90) | — | | | |
| | 700 | 150 | 120 | 110 | 105 | — | 90 | 85 | — | (80) | — | | | |
| | 750 | 300 | 205 | 165 | 140 | 123 | — | — | 35 | — | — | | | |
| | 750 | 250 | 175 | 140 | 120 | 106 | — | — | 32 | — | — | | | |
| | 750 | 200 | 145 | 120 | 105 | 99 | — | — | 31 | — | — | | | |
| | 750 | 150 | 105 | — | 85 | 75 | — | — | 29 | — | — | | | |
| | 800 | 300 | 135 | 88 | 72 | 54 | — | — | — | — | — | | | |
| | 800 | 250 | 120 | 80 | 70 | 58 | — | — | — | — | — | | | |
| | 800 | 200 | 95 | — | 60 | 50 | — | — | — | — | — | | | |
| | 800 | 150 | 80 | — | 45 | 40 | — | — | — | — | — | | | |
| 850 | 300 | 60 | 38 | 30 | — | — | — | — | — | — | | | | |
| 850 | 250 | 55 | 32 | 27 | — | — | — | — | — | — | | | | |
| 850 | 200 | 50 | — | 22 | — | — | — | — | — | — | | | | |
| 850 | 150 | 45 | — | 21 | — | — | — | — | — | — | | | | |

В скобках приведены экстраполированные значения.

Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения [1]

Жаростойкость [1, 6]

| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ККУ, Дж/см ² | Среда | t, °C | Глубина коррозии, мм | |
|--------------------|------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|---|-------|----------------------|--------|
| t, °C | τ , ч | | | | | | | 1000 ч | 1 год |
| Исходное состояние | | 670–720 | 1090–1150 | 24–32 | 80–95 | Воздух | 700 | — | 0,0011 |
| 600 | 8000 | 860–880 | 1280–1300 | 20–23 | 43–58 | Воздух | 750 | 0,0003 | 0,0028 |
| 700 | 20000 | 710 | 1170 | 17 | 18 | Воздух + 4% CO ₂ + 1,5% H ₂ O + 0,01% SO ₂ | 750 | 0,0004 | 0,0037 |
| 750 | 20000 | 590 | 1060 | 20 | 35 | | | | |
| 800 | 8000 | 610–690 | 1100–1150 | 28–35 | 40–50 | Начало интенсивного окисления при 1000°C | | | |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–900 | — | Воздух | — | Воздух |
| Заготовка | 1170–1000 | | | | |

Свариваемость

Обработываемость резанием

Трудно свариваемый.
Способы сварки: РД, РАД и КТ.
Для снятия сварочных напряжений рекомендуется последующая термообработка

В состоянии заковки и старения при $\sigma_B = 970$ Н/мм²
K_r = 0,2 (твердый сплав),
K_v = 0,1 (быстрорежущая сталь)

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---------------------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|---------------|--|------------------------------------|--|------------------------------|-----------------|----------|-----------|---------|
| ХН70ВМТЮ (ЭИ 617) | | Прутки горячекатаные — ГОСТ 23705–79. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Fe | B | Al | Ce |
| ≤ 0,12 | ≤ 0,60 | ≤ 0,50 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 13,0–16,0 | ос-нова | 2,00–4,00 | 0,10–0,50 | 5,00–7,00 | 1,80–2,30 | ≤ 5,00 | ≤ 0,020 | 1,70–2,30 | ≤ 0,020 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °C | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | | | | |
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | σ , Н/мм ² | τ , ч | | | |
| | | | | не менее | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 23705–79 | Закалка, 1190°C, 2 ч, воздух | 20–55 ¹ | 20 | — | — | — | — | — | — | 299–341 | — | | — | |
| | | | 800 | — | 670 | 3 | 8 | — | — | — | — | | | |
| | Закалка, 1050°C, 4 ч, воздух | 20–55 ² | 850 | — | — | — | — | — | — | — | 196 | 40 | | |
| | | | 20 | — | — | — | — | — | 299–341 | — | — | | | |
| Отпуск 800°C, 16 ч, воздух | 20–55 ² | 800 | — | 690 | 7 | 10 | — | — | — | — | — | | | |
| | | 850 | — | — | — | — | — | — | 196 | 60 | | | | |
| ¹ Открытая индукционная выплавка (ОИ). | | | | | | | | | | | | | | |
| ² Вакуумно-индукционная выплавка (ВИ). | | | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Лопатки и роторы, диски газовых турбин, рассчитанные на работу при температурах до 800–850°C. | | | | | | | | | | | | | | |
| Условия испытания | | | Предел выносливости, Н/мм ² , при t, °C | | | | | Малоцикловая выносливость | | | | | | |
| Тип образца | Цикл | N | 20 | 700 | 800 | 850 | 900 | Максимальная температура цикла, °C | Размах упруго-пластической деформации, $\Delta \epsilon$, % | | N | | | |
| Гладкие | симметричный | 10 ⁷ | 240–370 | 370–390 | 360–390 | 300 | 250–280 | — | — | | — | | | |
| С надрезом | симметричный | 10 ⁷ | 250 | 280–300 | 290–320 | — | 190 | — | — | | — | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | Жаростойкость | | | | | | | | |
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | KCU, Дж/см ² | Среда | | t, °C | Глубина коррозии, мм | База испытаний, ч | | | | |
| t, °C | τ , ч | 700–780 | | 1070–1140 | 14–20 | 15–30 | | | 800 | 0,009 | 10000 | | | |
| Исходное состояние | | 700–780 | | 1070–1140 | 14–20 | 15–30 | CO ₂ – 4,0–6,0%, H ₂ O – 1,0–2,0%, SO ₂ – 0,02–0,05%, воздух – остальное | | 850 | 0,013 | 10000 | | | |
| 700 | 5000 | 640 | 1270 | 15 | 30 | | | 900 | 0,022 | 10000 | | | | |
| 770 | 5000 | 570 | 1060 | 18 | 40 | | | 950 | 0,033 | 10000 | | | | |
| 850 | 5000 | 460 | 950 | 23 | 50 | | | 1000 | 0,049 | 10000 | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | 1170–950 | — | | | | | — | | | | | | | |
| Заготовка | | — | | | | | — | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обработываемость резанием | | | | | Температура критических точек, °C | | | | | | |
| Ограниченно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | После аустенитизации и старения при 302 НВ и $\sigma_b = 1000$ Н/мм ² K _v = 0,13 (твердый сплав), K _v = 0,08 (быстрорежущая сталь) | | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | |
| | | | | | | | | — | — | — | — | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|-----------|-------------------------|-----------|----------------------|-----------------|----------|-----------|--------|
| ХН70ВМТЮФ (ЭИ 826), ХН70ВМТЮФ-ВД (ЭИ 826-ВД) | | Прутки горячекатаные и обточенные круглые — ГОСТ 23705-79, ТУ 14-1-223-72, ТУ 14-1-402-72. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72 | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Ce | W | Ti | Al | B | V | Fe |
| ≤ 0,12 | ≤ 0,60 | ≤ 0,50 | ≤ 0,009 | ≤ 0,015 | 13,0–16,0 | основа | 2,50–4,00 | ≤ 0,020 | 5,00–7,00 | 1,70–2,20 | 2,40–2,90 | ≤ 0,015 | 0,20–1,00 | ≤ 5,00 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °C | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | | | | |
| | | | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | НВ | σ, Н/мм ² | τ, ч | | | |
| | | | | не менее | | | | | | | | не менее | | |
| ГОСТ 23705-79 (ОИ) | Закалка 1210±10°C, выдержка 2 ч, воздух Закалка 1050±10°C, выдержка 4 ч, воздух Старение 800±10°C, выдержка 16 ч, воздух | От 20 до 55 ¹ От 20 до 43 ² | 20 850 | — — | — 590 | — 6 | — 9 | — — | — — | 299–341 — | — 265 | | — 50 | — — |
| ГОСТ 23705-79 (ВД) | Закалка 1210±10°C, выдержка 2 ч, воздух Закалка 1050±10°C, выдержка 4 ч, воздух Старение 800±10°C, выдержка 16 ч, воздух | От 20 до 42 ¹ От 20 до 40 ² | 20 850 | — — | — 590 | — 8 | — 12 | — — | — — | 299–341 — | — 265 | — 50 | — — | |
| ТУ 14-1-223-72 (ВД) | Закалка 1210±10°C, выдержка 2 ч, воздух Закалка 1050±10°C, выдержка 4 ч, воздух Старение 800±10°C, выдержка 16 ч, воздух | 20–45 ¹ 20–40 ² | 850 | — | 588 | 8 | 12 | — | — | — | — | — | — | |
| ТУ 14-1-223-72 (ВИ) | Закалка 1210±10°C, выдержка 2 ч, воздух Закалка 1050±10°C, выдержка 4 ч, воздух Старение 800±10°C, выдержка 16 ч, воздух | 20–45 ¹ 20–40 ² | 850 | — | 637 | 12 | 18 | — | — | — | — | — | — | |
| ТУ 14-1-402-72 (ОИ) | Закалка 1210±10°C, выдержка 2 ч, воздух Закалка 1050±10°C, выдержка 4 ч, воздух Старение 800±10°C, выдержка 16 ч, воздух | 20–25 ¹ 20–40 ² | 850 | — | 588 | 6 | 9 | — | — | — | — | — | — | |
| ДЦ | Закалка 1080°C, выдержка 6 ч, воздух Старение 1000°C, выдержка 4 ч, охлаждение с печью до 900°C, 8 ч, воздух Старение 850°C, выдержка 15 ч, воздух | 20–42 | 20 | 578–627 | 1030–1117 | 15–22 | 16–25 | 30–40 | 269–341 | — | — | | | |
| | | | 650 | 500 | 930 | 22 | 28 | — | — | — | | | | |
| | | | 700 | 510–588 | 930–1030 | 15–23 | 13–27 | 30 | — | — | | | | |
| | | | 750 | 530 | 843 | 20 | 25 | — | — | — | | | | |
| | | | 800 | 510–559 | 715–794 | 12–17 | 12–25 | — | — | 265 | 50 ³ | | | |
| 850 | 480 | 598 | 13 | 23 | — | — | — | — | | | | | | |

¹ Прутки горячекатаные.² Прутки обточенные.³ 50 ч при вакуумно-дуговом переплаве,

75 ч при выплавке в вакуумных индукционных печах.

| ХН70ВМТЮФ (ЭИ 826), ХН70ВМТЮФ-ВД (ЭИ 826-ВД) | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------------|--------------------------------|--|---|---|---|--|-----------------------------|---|-------------------|---|-------|-------|--|
| Назначение. Лопатки газовых турбин с ограниченным сроком службы при температурах до 900°C и длительным при температурах до 800°C. | | | | | | | | | | | | | | |
| Сплав выплавляется в открытых и вакуумных электропечах и методом вакуумно-дугового переплава. | | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | | Термообработка | Пределы длительной прочности и ползучести, Н/мм ² | | | | | | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | t, °C | | t, °C | σ_{100} | σ_{1000} | σ_{10000} | Термообработка | | | | | |
| 372 ⁴ | — | 10 ⁷ | 20 | Закалка 1210±10°C, выдержка 2 ч, воздух. Закалка 1050±10°C, выдержка 4 ч, воздух. Старение 800±10°C, выдержка 16 ч, воздух. | 650 | — | 540 | 430 | Закалка 1210±10°C, выдержка 2 ч, воздух. Закалка 1050±10°C, выдержка 4 ч, воздух. Старение 800±10°C, выдержка 16 ч, воздух. | | | | | |
| 235 ⁵ | — | | 700 | | 750 | 568 | 440 | 353 | | | | | | |
| 353 ⁴ | — | | 800 | | 800 | 343 | 225 | 165 | | | | | | |
| 274 ⁵ | — | | 900 | | 900 | 235 | 145 | 95 | | | | | | |
| 343 ⁴ | — | 10 ⁷ | 20 | Закалка 1080°C, выдержка 6 ч, воздух. Старение 1000°C, выдержка 4 ч, охлаждение с печью до 900°C, 8 ч, воздух. Старение 850°C, выдержка 15 ч, воздух. | t, °C | $\sigma_{0,2/100}$ ⁶ | $\sigma_{1 \times 10^{-2}}$ | $\sigma_{1 \times 10^{-3}}$ | Термообработка | | | | | |
| 265 ⁵ | — | | 700 | | 700 | — | 490 | 397 | Закалка 1080°C, выдержка 6 ч, воздух. | | | | | |
| 304 ⁴ | — | | 800 | | 800 | — | 274 | — | Старение 1000°C, выдержка 4 ч, охлаждение с печью до 900°C, 8 ч, воздух. | | | | | |
| 190 ⁵ | — | | 900 | | 900 | 216 | 196 | — | Старение 850°C, выдержка 15 ч, воздух. | | | | | |
| 417 ⁴ | — | 10 ⁷ | 20 | Закалка 1080°C, выдержка 6 ч, воздух. Старение 1000°C, выдержка 4 ч, охлаждение с печью до 900°C, 8 ч, воздух. Старение 850°C, выдержка 15 ч, воздух. | 850 | 140 | — | — | — | | | | | |
| 144 ⁵ | — | | 700 | | 850 | — | — | — | — | | | | | |
| 340 ⁴ | — | | 800 | | 850 | — | — | — | — | | | | | |
| 115 ⁵ | — | 10 ⁷ | 20 | Закалка 1080°C, выдержка 6 ч, воздух. Старение 1000°C, выдержка 4 ч, охлаждение с печью до 900°C, 8 ч, воздух. Старение 850°C, выдержка 15 ч, воздух. | 850 | 140 | — | — | — | | | | | |
| 328 ⁴ | — | | 700 | | 850 | — | — | — | — | | | | | |
| 112 ⁵ | — | 800 | 850 | 850 | 140 | — | — | — | | | | | | |
| ⁴ Образцы гладкие. | | | | | ⁶ Предел ползучести при деформации 0,2% за 100, 1000, 10000 ч (по общей деформации). | | | | | | | | | |
| ⁵ Образцы с надрезом, R _n = 0,75 мм. | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | Жаростойкость | | | | | | | |
| t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ_{10} , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | Термообработка | Среда | t, °C | Суммарная глубина коррозии, мм | База испытаний, ч | | | | |
| 20 | 706 | 1030 | 10 | 12 | 20 | Закалка 1210±10°C, выдержка 2 ч, воздух. Закалка 1050±10°C, выдержка 4 ч, воздух. Старение 800±10°C, выдержка 16 ч, воздух. | Воздух и смесь газов: O ₂ – 17–20%, N ₂ – 74–78%, CO ₂ – 4–6%, H ₂ O – 1–2%, SO ₂ – 0,02–0,05% | 800 | 0,007 | 10000 | | | | |
| 550 | 666 | 930 | 25 | 28 | — | | | | | | 850 | 0,017 | 10000 | |
| 600 | 637 | 902 | 25 | 28 | 30 | | | | | | 900 | 0,041 | 10000 | |
| 700 | 608 | 882 | 12 | 15 | 35 | | | | | | 950 | 0,092 | 10000 | |
| 800 | 568 | 784 | 8 | 11 | 35 | | | | | | 1000 | 0,145 | 10000 | |
| 850 | 510 | 666 | 12 | 15 | — | | | | | | В условиях контакта с окислами железа сплав склонен к язвобразованию, для предохранения применяют алитирование или хромоалитирование. | | | |
| 900 | 412 | 549 | 15 | 20 | 45 | | | | | | | | | |
| 950 | 304 | 412 | 17 | 28 | 65 | | | | | | | | | |
| 1000 | 110 | 157 | 45 | 50 | 75 | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1170–1060 | На воздухе | | 20–40 | | На воздухе | | | | | | | | |
| Заготовка | 1170–1060 | На воздухе | | 20–40 | | На воздухе | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | | | | |
| Трудно свариваемый. | | | При малых скоростях резания удовлетворительная | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | | | |
| | | | | | | | — | — | — | — | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|----------------------------|--------------------------|---|--|-------------------|---|--------------------------------|---|-------------------|--|--------------------------|------|-----|
| ХН73МБТЮ (ЭИ 698) | | Поковки, штамповки дисков — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72 | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Al | Mo | Nb | Fe | | | | |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,60 | ≤ 0,40 | ≤ 0,007 | ≤ 0,015 | 13,0–16,0 | основа | 2,35–2,75 | 1,30–1,70 | 2,80–3,20 | 1,80–2,20 | ≤ 2,00 | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| [1] | Закалка Отпуск Отпуск | 1120, 8 ч 1000, 4 ч 750–775, 16–25 ч | Воздух Воздух Воздух | 32–55 | 705 | 1150 | 16 | 18 | 39 | 286–340 | | | | | |
| Назначение. Диски, лопатки газовых турбин с рабочей температурой до 750°C. | | | | | | | | | | | | | | | |
| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [1, 6] | | | | | | t, °C | Длительная прочность в зависимости от температуры испытания [1] | | | | | | | |
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | Тип образца | Цикл | Термообработка | | Длительная прочность | | | | | | | |
| 650 | 340–350 | — | 10 ⁷ | Образцы гладкие | симметричный | Диск \varnothing 480 мм. Образцы тангенциальные. Закалка 1120°C, 8 ч, воздух. Закалка 1000°C, 4 ч, воздух. Старение 750°C, 16 ч, воздух | 750 | σ , Н/мм ² | t, ч, не менее | | | | | | |
| 750 | 360–380 | — | 10 ⁷ | Образцы с надрезом | симметричный | | | | | | 390 | 50 | | | |
| 650 | 290 | — | 10 ⁷ | R _n = 0,75 мм | симметричный | 750 | 360 | 100 | | | | | | | |
| 750 | 340 | — | 10 ⁷ | | | | | | | | | | | | |
| Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [6] | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вид металла | + 20 | + 900 | + 1000 | + 1050 | + 1100 | + 1150 | + 1180 | + 1200 | + 1220 | Термообработка | | | | | |
| Деформированный ОВ | — | — | 293 | 383 | 358 | 162 | — | 63 | — | Образцы из заготовки сечением 90×90 мм. 1050°C, 1 ч, воздух | | | | | |
| Деформированный ВДП | 161 | 98 | 186 | 258 | 368 | 346 | 237 | 75 | 36 | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести сплава | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность ¹ , Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 3·10 ² | 5·10 ² | 1·10 ³ | 2·10 ³ | 3·10 ³ | 5·10 ³ | 1·10 ⁴ | 0,2/10 ² | 0,2/(5·10 ²) | | |
| [6] | Закалка | 1120, 8 ч | Воздух | 550 | — | 900 | 870 | 850 | 820 | — | — | — | — | | |
| | Закалка | 1000, 4 ч | Воздух | 650 | 630 | 600 | 570 | 540 | 520 | 500 | 480 | — | — | | |
| | Старение | 800, 16 ч | Воздух | 700 | 480 | 450 | 400 | 360 | 340 | 320 | 290 | — | — | | |
| | | | | 750 | 360 | 330 | 295 | 265 | 250 | 230 | 210 | — | — | | |
| ПС | | | | 550 | — | — | — | — | — | — | — | 650 | 650 | | |
| | | | | 650 | — | — | — | — | — | — | — | — | 570 | 520 | |
| | | | | 750 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 330 | — |
| ¹ Диск диаметром 480 мм, образцы тангенциальные. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах после длительного старения | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | | | | |
| [1, 6] | Закалка | 1120, 8 ч | Воздух | Диск \varnothing 480 | Исходное состояние | | 20 | Образцы тангенциальные | | | | | | | |
| | | | | | не менее | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1000, 4 ч | Воздух | Воздух | 650 | 3000 | 20 | 810 | 1220 | 15 | 15 | 43 | — | | |
| | | | | | 650 | 3000 | 650 | 660 | 1050 | 18 | 25 | — | — | | |
| | Старение | 800, 16 ч | Воздух | Воздух | 650 | 10000 | 20 | 800 | 1220 | 14 | 15 | 33 | — | | |
| | | | | | 650 | 10000 | 650 | 670 | 1080 | 19 | 24 | — | — | | |
| | 700 | 3000 | 700 | 240 | 20 | 770 | 1210 | 15 | 16 | 40 | — | — | | | |
| | | | | | | | | | | | | | 700 | 3000 | 700 |
| | 700 | 10000 | 20 | 690 | 1180 | 20 | 19 | 34 | — | — | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 700 | 10000 | 700 | 270 | 910 |
| | 750 | 1000 | 20 | 620 | 1120 | 30 | 31 | 69 | — | — | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 750 | 1000 | 750 | 530 | 740 |
| | 750 | 3000 | 20 | 680 | 1160 | 21 | 20 | 52 | — | — | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 750 | 3000 | 750 | 550 | 770 |
| 750 | 10000 | 20 | 580 | 1110 | 27 | 27 | 66 | — | — | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 750 | 10000 | 750 | 440 | 730 | 31 |

| ХН73МБТЮ (ЭИ 698) | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| Механические свойства сплава при различных температурах | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [6] | Закалка | 1120, 8 ч | Воздух | Пруток | 20 | 800 | 1210 | 31 | 24 | 72 | — |
| | Закалка | 1000, 4 ч | Воздух | Образцы | 500 | 700 | 1030 | 31 | 26 | 103 | — |
| | Старение | 775, 16 ч | Воздух | продольные | 600 | 690 | 1040 | 28 | 26 | 100 | — |
| | Старение | 700, 16–20 ч | Воздух | | 650 | 670 | 1030 | 28 | 27 | — | — |
| | | | | | 700 | 680 | 1000 | 24 | 22 | 75 | — |

| Механические свойства сплава при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [6] | Закалка Закалка Старение | 1120, 8 ч 1000, 4 ч 800, 16 ч | Воздух Воздух Воздух | Поковки ø 480–850 | 20 450 500 550 600 650 700 750 800 850 | Образцы тангенциальные | | | | | | |
| | | | | | | 700 | 1140 | 27 | 29 | — | — | |
| | | | | | | 650 | 1020 | 24 | 24 | — | — | |
| | | | | | | 570 | 1000 | 29 | 30 | — | — | |
| | | | | | | 570 | 980 | 25 | 28 | — | — | |
| | | | | | | 570 | 970 | 28 | 28 | — | — | |
| | | | | | | 570 | 960 | 23 | 30 | — | — | |
| | | | | | | 570 | 890 | 20 | 21 | — | — | |
| | | | | | | 560 | 800 | 12 | 13 | — | — | |
| | | | | | | 540 | 620 | 23 | 30 | — | — | |
| | | | | | | 510 | 540 | 20 | 24 | — | — | |
| | | | | | | Образцы осевые | | | | | | |
| | | | | | | 20 | 660 | 960 | 12 | 12 | — | — |
| | | | | | | 600 | 580 | 950 | 20 | 23 | — | — |
| | | | | | | 650 | 580 | 920 | 15 | 18 | — | — |
| | 700 | 580 | 880 | 13 | 19 | — | — | | | | | |
| | Образцы радиальные | | | | | | | | | | | |
| | 20 | 700 | 1140 | 30 | 31 | — | — | | | | | |
| | 500 | 610 | 1050 | 28 | 28 | — | — | | | | | |
| | 600 | 600 | 1000 | 30 | 30 | — | — | | | | | |
| | 650 | 590 | 980 | 33 | 34 | — | — | | | | | |
| | 700 | 600 | 930 | 30 | 30 | — | — | | | | | |
| | 750 | 610 | 780 | 26 | 32 | — | — | | | | | |
| | 800 | 600 | 670 | 22 | 30 | — | — | | | | | |
| | 850 | 580 | 600 | 20 | 42 | — | — | | | | | |
| | Закалка Закалка Старение | 1120, 8 ч 1000, 4 ч 750, 16 ч | Воздух Воздух Воздух | | 20 450 550 600 650 700 750 | Образцы радиальные | | | | | | |
| | | | | | | 760 | 1180 | 23 | 24 | — | — | |
| | | | | | | 710 | 1140 | 21 | 28 | — | — | |
| | | | | | | 650 | 1030 | 19 | 28 | — | — | |
| | | | | | | 650 | 1050 | 22 | 29 | — | — | |
| | | | | | | 650 | 1050 | 24 | 29 | — | — | |
| | | | | | | 650 | 1020 | 25 | 29 | — | — | |
| 630 | 860 | 21 | 23 | — | — | | | | | | | |

Технологические характеристики [1]

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Деформируемость |
|---|---|--|
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ | В состоянии закалки и старения при 286–340 НВ и $\sigma_b = 1150$ Н/мм ² $K_v = 0,18$ (твердый сплав) | Хорошо деформируется в горячем состоянии при 1100–1180°С с окончанием деформирования не ниже 1000°С. Охлаждение после деформации на воздухе |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|-------------------------------------|--------------------|-----------------|--|------------------------------------|---|---|-------------------------|---------|-----------|---------|
| ХН75ВМЮ (ЭИ 827) | | Прутки, поковки — НД заводов-изготовителей. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72 | | | | | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Al | Fe | B | Ce |
| ≤ 0,12 | ≤ 0,40 | ≤ 0,40 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 9,00–11,00 | основа | 5,00–6,50 | ≤ 0,70 | 4,50–5,50 | 4,00–4,60 | ≤ 5,00 | 0,01–0,02 | ≤ 0,010 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| [1] | Закалка | 1200, 6–8 ч | Воздух | 32–55 | 20 | — | — | — | — | — | 255–321 | | |
| | Старение | 900–950, 8 ч | Воздух | | 850 | — | 588 | 6 | 9 | — | | — | |
| Назначение. Лопатки газовых турбин, работающие при температуре 750–800°C со сроком службы до 25000 ч. | | | | | | | | | | | | | |
| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [1, 6] | | | | | | t, °C | Длительная прочность в зависимости от температуры испытания [1] | | | | | |
| | σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | Тип образца | Цикл | Термообработка | | Длительная прочность | | | | | |
| 700 | 310 | — | 10 ⁷ | Образцы гладкие | — | Пруток. Образцы продольные. Закалка 1200°C, 6–8 ч, воздух. Старение 900–950°C, 8 ч, воздух | 850 | 270 | τ, ч, не менее | | 50 | | |
| 800 | 330 | — | 10 ⁷ | | | | | | σ, Н/мм ² | 65 | | | |
| 900 | 310 | — | 10 ⁷ | | | | | | | | | | |
| 700 | 320–340 | — | 10 ⁸ | Образцы гладкие | симметричный | Закалка 1180°C, 6 ч, воздух. Старение 1000°C, 4 ч, с печью до 900°C, 8 ч, воздух. Старение 850°C, 15 ч, воздух | 850 | 250 | τ, ч, не менее | | 65 | | |
| 800 | 240 | — | 10 ⁸ | | | | | | | | | | |
| 700 | 190 | — | 10 ⁸ | Образцы с надрезом | симметричный | | | | | | | | |
| t, °C | σ _{стат} , Н/мм ² | Предел выносливости, σ ₋₁ , Н/мм ² , при циклах нагружения N (пруток, образцы продольные) [6] | | | | | | Термообработка | | | | | |
| | | 10 ⁶ | 10 ⁷ | 10 ⁷ | 10 ⁸ | 10 ⁸ | 5·10 ⁸ | 5·10 ⁸ | | | | | |
| 20 | — | — | 420 | 280 | — | — | — | — | Нагрев 1150°C, 3 ч, масло. Старение 800°C, 20 ч, воздух | | | | |
| 600 | — | 350 | 350 | — | — | — | — | — | | | | | |
| 650 | — | 375 | 355 | 340 | — | — | — | — | | | | | |
| 700 | — | 410 | 385 | 370 | 350 | 250 | — | — | | | | | |
| 750 | — | 430 | 380 | 330 | 300 | 250 | 240 | 220 | | | | | |
| 800 | — | — | 320 | 260 | 220 | 210 | 160 | 120 | | | | | |
| Тип образца | | Гладкий | Гладкий | С надрезом | Гладкий | С надрезом | Гладкий | С надрезом | | | | | |
| Механические свойства сплава при различных температурах | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| [6] | Закалка | 1180, 6 ч | Воздух | Пруток | 200 | 550 | 950 | 13 | 15 | 20 | — | | |
| | | | | | 400 | 580 | 1000 | 17 | 20 | 66 | | — | |
| | Старение | 1000, 4 ч | С печью до 900°C, 8 ч, далее воздух | Образцы продольные | 500 | 610 | 980 | 16 | 22 | 76 | — | | |
| | | | | | 600 | 590 | 970 | 14 | 18 | 50 | | — | |
| | | | | | 650 | 600 | 980 | 12 | 16,5 | — | | — | |
| | Старение | 850, 15 ч | Воздух | | 700 | 550 | 900 | 9 | 14 | 50 | — | | |
| | | | | | 750 | 530 | 870 | 9 | 12 | 40 | | — | |
| | | | | | 800 | 500 | 750 | 10 | 14 | 50 | | — | |
| | | | | | 850 | 500 | 620 | 9 | 12 | 60 | | — | |
| | | | | 900 | 400 | 520 | 20 | 30 | 80 | | | | |

| ХН75ВМЮ (ЭИ 827) | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------|---|---|-------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|-------------------|-------------------------|----|--------------------|
| Пределы длительной прочности и ползучести сплава (пруток, образцы продольные) | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ² | 1·10 ³ | 5·10 ³ | 1·10 ⁴ | 2·10 ⁴ | 1/10 ⁴ | 1/10 ⁵ | | | |
| [6] | Закалка | 1200, 6–8 ч | Воздух | 700 | 570 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | Старение | 900–950, 8 ч | Воздух | 800 | 350 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | | | | 850 | 240 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | | | | 900 | 150 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | Закалка | 1175, 6 ч | Воздух | 700 | 220 | 450 | 380 | 350 | 320 | — | 360 | | | |
| | Старение | 1050, 2 ч | С пещью до 1000, 2 ч С пещью до 910, 2 ч | 750 | 140 | 350 | 290 | 260 | 230 | — | 200 | | | |
| | | | 800 | — | 220 | 160 | 140 | 120 | 170 | 120 | | | | |
| Старение | 850, 5 ч | Воздух | 850 | — | 140 | 95 | — | — | — | — | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства при различных температурах после длительного старения | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ, ч | | | | | | | | |
| [6] | Закалка | 1180, 6 ч | Воздух | Пруток | Исходное состояние | 20 | 20 | 580 | 1040 | 21 | 17 | 25 | — | |
| | | | | | | | | | | | | | | Образцы продольные |
| | Старение | 1000, 4 ч | С пещью до 900°C, 8 ч, далее воздух | | 600 | 10000 | 600 | 730 | 1020 | 10 | 8 | 9 | — | — |
| | | | | | 600 | 10000 | 600 | 630 | 980 | 9 | 15 | — | — | |
| | Старение | 850, 15 ч | Воздух | | 650 | 5000 | 20 | 770 | 990 | 7 | 7 | 10 | — | — |
| | | | | | 650 | 5000 | 650 | 700 | 990 | 8 | 13 | — | — | |
| | | | | | 700 | 10000 | 20 | 640 | 930 | 7 | 7 | 20 | — | |
| | | | | | 700 | 10000 | 700 | 490 | 810 | 15 | 20 | 55 | — | |
| | | | | | 750 | 10000 | 20 | 590 | 950 | 11 | 11 | 40 | — | |
| | | | | | 750 | 10000 | 750 | 480 | 820 | 16 | 20 | 80 | — | |
| | | | | | 800 | 5000 | 20 | 550 | 870 | 11 | 15 | 30 | — | |
| | | | | | 800 | 5000 | 800 | 460 | 670 | 9 | 14 | 90 | — | |
| | 850 | 5000 | 20 | | 520 | 980 | 17 | 18 | 75 | — | | | | |
| | 850 | 5000 | 850 | | 400 | 570 | 6 | 12 | — | — | | | | |
| 900 | 5000 | 20 | 500 | 990 | 36 | 31 | 80 | — | | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения [1] | | | | | | Жаростойкость [1] | | | | | | | | |
| Режим старения | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | КСУ, Дж/см ² | Среда | t, °C | Глубина коррозии, мм | | | | | | |
| t, °C | τ, ч | | | | | | | 10000 ч | 1 год | | | | | |
| Исходное состояние | | 580–690 | 950–1180 | 13–21 | 25–40 | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 17–20%, CO ₂ – 6%, H ₂ O – 1–2%, SO ₂ – 0,02–0,05%, N ₂ – остальное | 800 850 | 0,001 0,002 | — — | | | | | |
| 700 | 10000 | 640 | 930 | 7 | 20 | | | | | | | | | |
| 750 | 10000 | 590 | 950 | 11 | 40 | | | | | | | | | |
| 800 | 5000 | 550–660 | 870–1170 | 11–19 | 31–45 | | | | | | | | | |
| 850 | 5000 | 520–540 | 980–1040 | 17–36 | 75–100 | | | | | | | | | |
| 900 | 5000 | 500 | 990 | 36 | 81 | | | | | | | | | |
| | | | | | | Жаростойкость [6] | | | | | | | | |
| | | | | | | Среда | t, °C | Скорость коррозии, мм | | | | | | |
| | | | | | | | | 1000 ч | 1 год | | | | | |
| | | | | | | Воздух Воздух Воздух + 4% CO ₂ + 1,5% H ₂ O + 0,01% SO ₂ | 700 750 750 | — 0,0003 0,0004 | — 0,0028 0,0037 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Начало интенсивного окалинообразования при 1000°C | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1180–1040 | — | | На воздухе | | — | | На воздухе | | | | | | |
| Заготовка | 1180–1040 | — | | На воздухе | | — | | На воздухе | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обработываемость резанием | | | | | | | | |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ | | | | | | В термообработанном состоянии при 278–285 НВ и σ _b = 1110 Н/мм ² K _v = 0,10 (твердый сплав), K _v = 0,05 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | | |

| | |
|---|--|
| Марка сплава | Вид поставки |
| ХН77ТЮР (ЭИ 437Б), ХН77ТЮР-ВД (ЭИ 437Б-ВД), ХН77ТЮРУ (ЭИ 437БУ), ХН77ТЮРУ-ВД (ЭИ 437БУ-ВД) | Трубки капиллярные — ГОСТ 14162-79. Прутки горячекатаные и кованные — ГОСТ 23705-79. Прокат листовой — ГОСТ 24982-81. Поковки — ТУ 14-1-2918-80. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72

| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Fe | B | Ce | Ti | Al | Pb | Марка сплава |
|-----------|--------|--------|---------|---------|-----------|--------|--------|---------|--------|-----------|-----------|---------|--------------|
| ≤ 0,07 | ≤ 0,60 | ≤ 0,40 | ≤ 0,007 | ≤ 0,015 | 19,0-22,0 | основа | ≤ 1,00 | ≤ 0,010 | ≤ 0,02 | 2,40-2,80 | 0,60-1,00 | ≤ 0,01 | |
| 0,04-0,08 | ≤ 0,60 | ≤ 0,40 | ≤ 0,007 | ≤ 0,015 | 19,0-22,0 | основа | ≤ 1,00 | ≤ 0,010 | ≤ 0,02 | 2,60-2,90 | 0,70-1,00 | ≤ 0,001 | ХН77ТЮРУ |

Буква «У» в обозначении сплава марки ХН77ТЮРУ предусматривает отличие по химическому составу по массовой доле углерода, титана и алюминия от сплава марки ХН77ТЮР.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 14162-79 | Термообработанные | | | ø 0,3-5,0 s 0,1-1,6 | — | 784 | 20 | — | — | — | — |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HB |
|---------------|----------------------|--------------|-------------------|-------------|---------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 23705-79 | ХН77ТЮР, ХН77ТЮР-ВД | | | 100 | 20 | 610-690 | 930-1080 | 15-30 | 15-30 | 39-98 | — |
| | Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | 700 | 540-610 | 735-880 | 15-30 | 20-30 | 59-118 | — |
| | Старение | 700±10, 16 ч | Воздух | 750 | — | 640-735 | 10-20 | 15-30 | 64 | — | |
| | ХН77ТЮРУ | | | 100 | 20 | 640-735 | 980-1130 | 12-30 | 14-30 | 29-69 | — |
| | Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | 700 | 530-570 | 804-820 | 16 | 21 | — | — |
| | Старение | 770±20, 16 ч | Воздух | 750 | 510 | 650-670 | 14 | 29 | — | — | |
| ХН77ТЮРУ-ВД | | | 100 | 20 | 670-780 | 980-1220 | 13-30 | 16-36 | 29-69 | — | |
| Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | 700 | 540 | 780-830 | 20 | 21-28 | — | — | |
| Старение | 770±20, 16 ч | Воздух | 750 | 530 | 670-735 | 17 | 23-30 | — | — | | |

Предельные размеры прутков, мм

| НД | Марка сплава | Горячекатаные | | | Обточенные круглые | Кованные | |
|---------------|--------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
| | | группы точности прокатки по ГОСТ 22411-77 | | | | круглые | квадратные |
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| ГОСТ 23705-79 | ХН77ТЮР | — | От 10 до 55 вкл. | От 10 до 55 вкл. | От 20 до 43 вкл. | — | — |
| | ХН77ТЮР-ВД | От 20 до 45 вкл. | От 20 до 45 вкл. | — | От 20 до 43 вкл. | — | — |
| | ХН77ТЮРУ | — | — | — | — | От 60 до 220 вкл. | От 60 до 220 вкл. |
| | ХН77ТЮРУ-ВД | — | — | — | — | От 100 до 220 вкл. | От 80 до 220 вкл. |

Примечания.

- Для прутков диаметром от 10 до 55 мм сплава ХН77ТЮР и прутков диаметром от 20 до 45 мм сплава ХН77ТЮР-ВД группа точности прокатки указывается в заказе. При отсутствии указания для сплава ХН77ТЮР устанавливается 3 группа, а для ХН77ТЮР-ВД — 2 группа точности прокатки.
- Для сплавов ХН77ТЮРУ, ХН77ТЮРУ-ВД допускается изготовление горячекатаных прутков диаметром от 60 до 65 мм с предельными отклонениями по ГОСТ 22411-77 для кованных прутков.
- По требованию потребителя допускается изготовление обточенных прутков размеров, не указанных в таблице.
- Прутки диаметром 8 и 9 мм изготавливаются с предельными отклонениями, соответствующими 3 группе точности для прутков диаметром 10 мм.

| ХН77ТЮР (ЭИ 437Б), ХН77ТЮР-ВД (ЭИ 437Б-ВД), ХН77ТЮРУ (ЭИ 437БУ), ХН77ТЮРУ-ВД (ЭИ 437БУ-ВД) | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------------|-------------------|-----------------|---|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------|------------------------------|----------------------|----------------------|
| Механические свойства прутков при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 23705-79 | ХН77ТЮР, ХН77ТЮР-ВД | | | Прутки | 20 | — | — | — | — | — | — | 255-321 ¹ |
| | Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | Старение | 700±10, 16 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | ХН77ТЮРУ | | | Прутки | 20 | 640 | 980 | 12 | 14 | 29 | — | 262-321 ² |
| | Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | Старение | 750-790, 16 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| ХН77ТЮРУ-ВД | | | Прутки | 20 | 670 | 980 | 13 | 16 | 29 | — | 262-321 ² | |
| Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | | | | | | | | | |
| Старение | 770±20, 16 ч | Воздух | | | | | | | | | | |
| ¹ Диаметр отпечатка шарика 3,4-3,8 мм. ² Диаметр отпечатка шарика 3,4-3,75 мм. | | | | | | | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | |
| 1. Нормы ударной вязкости приведены для прутков диаметром 16 мм и более. | | | | | | | | | | | | |
| 2. Допускается проведение полной термической обработки (закалка + старение) не более двух раз. При повторных испытаниях допускается проведение повторного старения или увеличение времени старения (при термической обработке новых контрольных образцов) не более чем в два раза. | | | | | | | | | | | | |
| 3. Для сплавов марок ХН77ТЮРУ и ХН77ТЮРУ-ВД рекомендуемую температуру старения выбирают в зависимости от суммарной массовой доли титана и алюминия: до 3,6% — температура старения 750±10°C; 3,6-3,8% — температура старения 775±10°C; более 3,8% — температура старения 790±10°C. | | | | | | | | | | | | |
| 4. Допускается для прутков диаметром менее 20 мм из сплавов марок ХН77ТЮР и ХН77ТЮР-ВД временное сопротивление не менее 686 Н/мм ² . | | | | | | | | | | | | |
| 5. Температуру старения сплава марки ХН77ТЮРУ (открытого метода выплавки и вакуумно-дугового переплава), выбирают в зависимости от назначения сплава в указанном интервале и выдерживают с точностью ±10°C. | | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ² | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | | | | | |
| ГОСТ 23705-79 | ХН77ТЮР, ХН77ТЮР-ВД | | | 700 | 400-440 | 290-310 | 170-190 | | | | | |
| | Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | Старение | 700±10, 16 ч | Воздух | 750 | 290 | 190-200 | 110-117 | | | | | |
| | ХН77ТЮРУ | | | 700 | 430 | 290-310 | — | | | | | |
| | Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | Старение | 770±20, 16 ч | Воздух | 750 | 310 | — | — | | | | | |
| ХН77ТЮРУ-ВД | | | 750 | 330-340 | 220 | — | | | | | | |
| Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | | | | | | | | | |
| Старение | 770±20, 16 ч | Воздух | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | | | | Время до разрушения в зависимости от температуры испытания | | | | | | | |
| НД | t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | Термообработка | НД | Марка сплава | Вариант испытания | t, °C | Длительная прочность | | |
| | | | | | | | | | | σ , Н/мм ² | τ , ч, не менее | |
| ГОСТ 23705-79 | 700 | 360-380 | — | 10 ⁷ | ХН77ТЮР, ХН77ТЮР-ВД Закалка 1080±10, 8 ч, воздух; старение 700±10, 16 ч, воздух | ГОСТ 23705-79 | ХН77ТЮР | I | 700 | 451 | 40 | |
| | | | | | | | | | | II | 700 | 431 |
| | | | | | | | ХН77ТЮР-ВД | I | 700 | 451 | 40 | |
| | | | | | | | | | | II | 750 | 343 |
| ХН77ТЮРУ | I | 750 | 294 | 100 | | | | | | | | |
| | | | II | 750 | 343 | 50 | | | | | | |
| ХН77ТЮРУ-ВД | I | 750 | 608 | 50 | | | | | | | | |
| | | | II | 650 | 608 | 50 | | | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | | |
| 1. Вариант испытания устанавливается по требованию потребителя. При отсутствии требования вариант выбирается изготовителем. | | | | | | | | | | | | |
| 2. Повторные испытания при разногласиях в оценке производят по I варианту. | | | | | | | | | | | | |
| 3. Второй вариант испытания для сплава ХН77ТЮР распространяется на прутки диаметром менее 20 мм. | | | | | | | | | | | | |

| ХН77ТЮР (ЭИ 437Б), ХН77ТЮР-ВД (ЭИ 437Б-ВД), ХН77ТЮРУ (ЭИ 437БУ), ХН77ТЮРУ-ВД (ЭИ 437БУ-ВД) | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 24982-81 | Закалка | 1080-1120 | Воздух или вода | ≥ 3,9 | 20 | — | 930 | 20 | — | — | — | — |
| | Старение | 750, 5 ч | Воздух | | 750 | — | 590 | 8 | — | — | — | — |

Назначение. Рабочие лопатки и диски газовых турбин, работающие при температуре до 750°C.
Жаропрочный сплав на никелевой основе.

| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|-------------------|-------------|----------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|-------------------------|---------|----------------------|----------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HB | σ, Н/мм ² | τ, ч |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-2918-80 | Закалка 1080°C, 8 ч, воздух Старение 750-790°C, 16 ч, воздух | Ø 140-550 □ 140-550 120-800 (300 × 300) | 20 650 | 665 — | 980 — | 13 — | 16 — | 29 — | 255-321 — | — 640 | — 30 | — 30 | |
| | | | | | | | | | | | | | не менее |

| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [2] | Аустенитизация Старение | 1080 750, 16 ч | Воздух Воздух | 100 | 20 | 660 | 920-1090 | 11-24 | 10-21 | 30-50 | — | — |
| | | | | | 500 | 580 | 900 | 22-29 | 19-27 | 50-70 | — | |
| | | | | | 550 | 570 | 900 | 31-32 | 32-34 | 50-60 | — | |
| | | | | | 600 | 550 | 880 | 30-33 | 30-32 | 50-60 | — | |
| | | | | | 650 | 530 | 840 | 25-26 | 23-28 | 50-60 | — | |
| | | | | | 700 | 530 | 840 | 25-29 | 27-32 | 50 | — | |
| | | | | | 750 | 530 | 820 | 24-29 | 23-27 | 60 | — | |
| | | | | | 800 | 470 | 530 | 15-16 | 25-30 | 90 | — | |

| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--|-------------------|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [3, 6] | ХН77ТЮР-ОЭ (открытая электроплавка) | | | Листы х/к | 20 | Образцы поперечные | | | | | | | |
| | Закалка | 1080-1120, 0,8-2,0 мин на 1 мм толщины листа | Воздух | | | — | 900 | 13 | — | — | — | — | |
| | | | | | | 750+5, 5 ч | Воздух | 750 | — | 600 | 8 | — | — |
| | ХН77ТЮР-ОЭ (открытая электроплавка) | | | | | Лента х/к | 20 | Образцы продольные | | | | | |
| | Закалка | 1080-1120 | Вода или воздух | | | | | — | ≤ 900 | 30 | — | — | — |
| | ХН77ТЮР-ВД | | | | | Прутки | 20 | Образцы продольные | | | | | |
| | Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | — | — | | | — | — | — | — | 255-321 ¹ | |
| | Старение | 700±10, 16 ч | Воздух | 700 | 700 | | | 15 | 20 | — | — | — | |
| | ХН77ТЮР-ВД, ХН77ТЮР-ОЭ | | | Прутки | — | Образцы продольные | | | | | | | |
| | Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | | 650 | — | 12 | 14 | — | — | 255-262 ² | |
| | ХН77ТЮР-ВД, ХН77ТЮР-ОЭ | | | Поковки | 20 | Образцы продольные | | | | | | | |
| | Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | | 680 | 100 | 13 | 16 | 30 | — | 255-269 ³ | |
| ХН77ТЮР-ВД, ХН77ТЮР-ОЭ | | | Поковки | 20 | Образцы продольные | | | | | | | | |
| Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | | 680 | 100 | 13 | 16 | 30 | — | 255-269 ³ | | |
| ХН77ТЮР-ВД, ХН77ТЮР-ОЭ | | | Поковки | 20 | Образцы продольные | | | | | | | | |
| Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | | 680 | 100 | 13 | 16 | 30 | — | 255-269 ³ | | |

¹ Диаметр отпечатка шарика 3,4-3,8 мм.

² Диаметр отпечатка шарика 3,4-3,75 мм.

³ Диаметр отпечатка шарика 3,4-3,7 мм.

| ХН77ТЮР (ЭИ 437Б), ХН77ТЮР-ВД (ЭИ 437Б-ВД), ХН77ТЮРУ (ЭИ 437БУ), ХН77ТЮРУ-ВД (ЭИ 437БУ-ВД) | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|------------------|-------------------|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [3, 6] | ХН77ТЮР-ОЭ (открытая электроплавка) | | | Прутки | Образцы продольные | | | | | | | |
| | Закалка | 1080, 8 ч | Воздух | | 20 | 620 | 950 | 15 | 15 | 40 | — | — |
| | Старение | 700, 16 ч | Воздух | | 600 | 580 | 850 | 20 | 25 | 55 | — | — |
| | | | | | 700 | 550 | 800 | 15 | 20 | 60 | — | — |
| | | | | | 750 | — | 650 | 10 | 15 | 65 | — | — |
| | | | | | 800 | 420 | 500 | 12 | 20 | 90 | — | — |
| | | | | | 850 | 300 | 370 | 12 | 30 | — | — | — |
| | | | | | | | | | | | | |
| | ХН77ТЮР-ОЭ (открытая электроплавка) | | | Прутки | Образцы продольные | | | | | | | |
| | Закалка | 1080, 8 ч | Воздух | | 20 | 660 | 1000 | 14 | 15 | 30 | — | — |
| | Старение | 750-775, 16 ч | Воздух | | 500 | 620 | 900 | 22 | 23 | — | — | — |
| | | | | | 550 | 580 | 880 | 22 | 26 | — | — | — |
| | | | | | 600 | 550 | 850 | 22 | 23 | — | — | — |
| | | | | | 650 | 550 | 840 | 22 | 22 | — | — | — |
| | | | | | 700 | 540 | 820 | 16 | 21 | — | — | — |
| | | | | | 750 | 520 | 660 | 14 | 29 | — | — | — |
| | | | | 800 | 440 | 546 | 16 | 36 | — | — | — | |
| | | | | 850 | 270 | 350 | 17 | 55 | — | — | — | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | ХН77ТЮР-ВД, ХН77ТЮР-ОЭ | | | Прутки | Образцы продольные | | | | | | | |
| | Закалка | 1080, 8 ч | Воздух | | 20 | 670 | 1050 | 22 | 18 | 30 | — | — |
| | Старение | 750-775, 16 ч | Воздух | | 500 | 580 | 950 | 26 | 28 | — | — | — |
| | | | | | 550 | 575 | 930 | 24 | 28 | — | — | — |
| | | | | | 600 | 560 | 920 | 24 | 28 | — | — | — |
| | | | 650 | | 555 | 900 | 23 | 27 | — | — | — | |
| | | | 700 | | 550 | 800 | 20 | 21 | — | — | — | |
| | | | 750 | | 545 | 680 | 17 | 23 | — | — | — | |
| | | | 800 | — | 520 | — | 28 | — | — | — | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Длительная прочность в зависимости от температуры испытания (продольные образцы) | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | Длительная прочность | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | σ , Н/мм ² | τ , ч не менее | | | | | |
| [3, 6] | ХН77ТЮР-ОЭ (открытая электроплавка) | | | Прутки | 700 | 440 | 50 | | | | | |
| | Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | Старение | 700±10, 16 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | ХН77ТЮР-ВД | | | Прутки | 700 | 460 | 40 | | | | | |
| | Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | Старение | 700±10, 16 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | ХН77ТЮР-ВД, ХН77ТЮР-ОЭ | | | Прутки | 750 | 350 | 50 | | | | | |
| | Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | | | | | | | | | |
| | Старение | 750-790±10, 16 ч | Воздух | | 750 | 350 | 100 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | Закалка | 1080±10, 8 ч | Воздух | Поковки | 750 | 350 | 50 | | | | | |
| Старение | 750-790±10, 16 ч | Воздух | | 650 | 620 | 50 | | | | | | |

| ХН77ТЮР (ЭИ 437Б), ХН77ТЮР-ВД (ЭИ 437Б-ВД), ХН77ТЮРУ (ЭИ 437БУ), ХН77ТЮРУ-ВД (ЭИ 437БУ-ВД) | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---|--|---|-------------------|-------------------|--|------------------------|--|---|-----|
| Предел выносливости, Н/мм ² (прутки, продольные образцы) [3, 6] | | | | | | Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | | | | | | |
| t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | Тип образца | Термообработка | t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | Тип образца | Цикл | | | |
| 20 | 370 | — | 10 ⁷ | Гладкий | ХН77ТЮР-ОЭ (открытая электроплавка) | 20 | 370 | — | 10 ⁷ | Гладкий | симметричный | | | |
| 600 | 310 | — | 10 ⁷ | | | 600 | 310 | — | 10 ⁷ | | | | | |
| 700 | 370 | — | 10 ⁷ | | | 700 | 375-390 | — | 10 ⁷ | | | | | |
| 800 | 260 | — | 10 ⁷ | | | 800 | 260-295 | — | 10 ⁷ | | | | | |
| 800 | 260 | — | 10 ⁷ | | | 900 | 150 | — | 10 ⁷ | | | | | |
| 600 | 270 | — | 10 ⁸ | Гладкий | Закалка 1080°C, 8 ч, воздух; старение 700°C, 16 ч, воздух | 700 | 355 | — | 10 ⁸ | Гладкий | симметричный | | | |
| 700 | 340 | — | 10 ⁸ | | | 800 | 210 | — | 10 ⁸ | | | | | |
| 800 | 220 | — | 10 ⁸ | | | 900 | 110 | — | 10 ⁸ | | | | | |
| 20 | 220 | — | 10 ⁷ | С надрезом (R _n = 0,75 мм) | | 20 | 220 | — | 10 ⁷ | С надрезом | симметричный | | | |
| 600 | 230 | — | 10 ⁷ | | | 600 | 245 | — | 10 ⁷ | | | | | |
| 700 | 230 | — | 10 ⁷ | | | 800 | 240 | — | 10 ⁷ | | | | | |
| 800 | 240 | — | 10 ⁷ | | | | | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести (прутки, продольные образцы) [3, 6] | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 370 | — | 10 ⁷ | Гладкий | ХН77ТЮР-ОЭ (открытая электроплавка) | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч (по остаточной деформации) | | Термообработка | | |
| | | | | | | | 1·10 ² | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | 1/10 ⁵ | 1/(5·10 ²) | | | |
| 600 | 310 | — | 10 ⁷ | Гладкий | ХН77ТЮР-ОЭ (открытая электроплавка) | 600 | 680 | 560 | 450 | 580 | — | ХН77ТЮР-ОЭ | | |
| 650 | 340 | — | 10 ⁷ | | | 650 | 600 | 470 | 350 | 460 | — | | Закалка 1080°C, 8 ч, воздух; | |
| 700 | 390 | — | 10 ⁷ | | | С надрезом (R _n = 0,75 мм) | старение 750-775°C, 16 ч, воздух | 700 | 410 | 300 | 180 | 400 | | 260 |
| 800 | 260 | — | 10 ⁷ | | | | | 800 | 200 | 100 | — | 170 | 110 | |
| 600 | 220 | — | 10 ⁷ | С надрезом (R _n = 0,75 мм) | | 550 | 800 | 710 | — | 580 | — | ХН77ТЮР-ОЭ | | |
| 650 | 220 | — | 10 ⁷ | | | 600 | 700 | 550 | — | 550 | — | | Закалка 1080°C, 8 ч, воздух; | |
| 700 | 230 | — | 10 ⁷ | | | 650 | 600 | 460 | — | 460 | — | старение 750-775°C, 16 ч, воздух | | |
| 800 | 230 | — | 10 ⁷ | | | 700 | 440 | 300 | — | 400 | — | | | |
| 600 | 240 | — | 10 ⁷ | Гладкий | ХН77ТЮР-ВД | 750 | 320 | — | — | 250 | — | ХН77ТЮР-ВД | | |
| 20 | 360 | — | 10 ⁷ | | | 800 | 220 | 100 | — | 170 | — | | | |
| 650 | 330 | — | 10 ⁷ | С надрезом (R _n = 0,75 мм) | Закалка 1080°C, 8 ч, воздух; старение 750-775°C, 16 ч, воздух | 550 | 800 | 720 | — | 570 | 560 | ХН77ТЮР-ВД | | |
| 20 | 300 | — | 10 ⁷ | | | 650 | 600 | 460 | — | 460 | 420 | | Закалка 1080°C, 8 ч, воздух; старение 750-775°C, 16 ч, воздух | |
| | | | | | | 750 | 340 | 230 | — | — | — | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения [1] | | | | | | Жаростойкость [1, 3, 6] | | | | | | | | |
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в*}$, Н/мм ² | δ , % | КСУ, Дж/см ² | Среда | | t, °C | Время, ч | Увеличение массы, г/(м ² ·ч) | | | | |
| t, °C | τ , ч | | | | | Воздух | Воздух | | | Воздух | Воздух | | | |
| Исходное состояние | | 660 | 1000 | 11-29 | 30-50 | Воздух | Воздух | 800 | 100 | 0,0387 | | | | |
| 600 | 5000 | 790 | 920 | 3,2-4,2 | 15 | Воздух | Воздух | 800 | 200 | 0,0173 | | | | |
| 650 | 5000 | 780 | 1160 | 12,5-21,5 | 30 | Воздух | Воздух | 900 | 100 | 0,0680 | | | | |
| 700 | 5000 | 680 | 1130 | 20-23 | 40-50 | Воздух | Воздух | 900 | 200 | 0,0510 | | | | |
| 750 | 5000 | 500 | 1020 | 28-30 | 70-80 | Окалиностойкая при температуре 650-820°C | | | | | | | | |
| Температура начала интенсивного окалинообразования 1050°C | | | | | | | | | | | | | | |

| ХН77ТЮР (ЭИ 437Б), ХН77ТЮР-ВД (ЭИ 437Б-ВД), ХН77ТЮРУ (ЭИ 437БУ), ХН77ТЮРУ-ВД (ЭИ 437БУ-ВД) | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------|----------------|--|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| Механические свойства при различных температурах после длительного старения | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | | |
| [6] | Нагрев | 1080, 8 ч | Воздух | Прутки | Без старения | | 20 | 660 | 920 | 11 | 10 | 28 | 269 |
| | | Старение | | | 750–775, 16 ч | Воздух | 600 | 100 | 20 | 730 | 950 | 9 | 10 |
| | 600 | | 1000 | | | | 20 | 770 | 920 | 6 | 5 | 12 | 295 |
| | 600 | 5000 | 20 | | 790 | 920 | 3 | 5 | 15 | 295 | | | |
| | Без старения | | 600 | | 550 | 880 | 30 | 30 | 55 | — | | | |
| | 600 | 100 | 600 | | 660 | 980 | 23 | 23 | 43 | — | | | |
| | 600 | 1000 | 600 | | 680 | 950 | 23 | 21 | 30 | — | | | |
| | 600 | 5000 | 600 | | 680 | 890 | 11 | 12 | 27 | — | | | |
| | Без старения | | 20 | | 660 | 920 | 11 | 10 | 28 | 269 | | | |
| | 650 | 100 | 20 | | 750 | 940 | 7 | 7 | 19 | 275 | | | |
| | 650 | 1000 | 20 | | 770 | 1080 | 14 | 12 | 12 | 285 | | | |
| | 650 | 5000 | 20 | | 780 | 1160 | 18 | 19 | 31 | 302 | | | |
| | Без старения | | 650 | | 530 | 840 | 25 | 23 | 54 | — | | | |
| | 650 | 100 | 650 | | 650 | 830 | 12 | 14 | 39 | — | | | |
| | 650 | 1000 | 650 | | 670 | 980 | 21 | 21 | 36 | — | | | |
| | 650 | 5000 | 650 | | 660 | 950 | 12 | 14 | 55 | — | | | |
| | Без старения | | 20 | | 660 | 920 | 11 | 10 | 8 | 269 | | | |
| | 700 | 100 | 20 | | 710 | 910 | 8 | 10 | 22 | 269 | | | |
| | 700 | 1000 | 20 | | 750 | 1100 | 15 | 14 | 25 | 285 | | | |
| | 700 | 5000 | 20 | | 680 | 1130 | 20 | 19 | 41 | 285 | | | |
| | Без старения | | 700 | | 530 | 840 | 25 | 27 | 50 | — | | | |
| | 700 | 100 | 700 | | 560 | 780 | 13 | 14 | 50 | — | | | |
| | 700 | 1000 | 700 | | 620 | 820 | 18 | 21 | 100 | — | | | |
| | 700 | 5000 | 700 | | 530 | 710 | 15 | 14 | 70 | — | | | |
| | Без старения | | 20 | | 660 | 920 | 11 | 10 | 28 | 269 | | | |
| | 750 | 100 | 20 | | 670 | 1060 | 18 | 19 | 51 | 269 | | | |
| | 750 | 1000 | 20 | | 610 | 1080 | 23 | 23 | 55 | 269 | | | |
| | 750 | 5000 | 20 | | 500 | 1020 | 28 | 32 | 74 | 263 | | | |
| | Без старения | | 750 | | 530 | 820 | 24 | 23 | 65 | — | | | |
| | 750 | 100 | 750 | | 540 | 660 | 16 | 23 | 75 | — | | | |
| 750 | 1000 | 750 | 500 | 640 | 24 | 27 | 95 | — | | | | | |
| 750 | 5000 | 750 | 430 | 510 | 9 | 12 | 85 | — | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервалковки, °C | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | | |
| Слиток | 1150–1050 | До 300 | На воздухе | | | До 300 | На воздухе | | | | | | |
| Заготовка | 1180–900 | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Для снятия напряжений рекомендуется термообработка | | | | | | После закалки и старения при 269 НВ и $\sigma_b = 1080$ Н/мм ² $K_v = 0,25$ (твердый сплав), $K_v = 0,08$ (быстрорежущая сталь) | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|--|---|-------------------|-------------------------|--------------|---|------------------------------------|----------------------|---|-------------------------|-----|
| ХН78Т (ЭИ 435) | | Трубки капиллярные — ГОСТ 14162–79. Лист горячекатаный — ГОСТ 24982–81, ТУ 14–1–2752–79. Лист холоднокатаный — ГОСТ 24982–81. Поковки — ГОСТ 25054–81. Заготовка грубая — ТУ 14–1–895–74, ТУ 14–1–4009–85, ТУ 14–1–4319–87. Лента — ТУ 14–1–975–74. Пруток горячекатаный, кованный — ТУ 14–1–1671–76. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Fe | Ti | Al | | |
| ≤ 0,12 | ≤ 0,80 | ≤ 0,70 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 19,0–22,0 | основа | ≤ 1,00 | 0,15–0,35 | ≤ 0,15 | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КCU, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 14162–79 | ПС | | | φ 0,3–5,0 s 0,1–1,6 | — | По согласованию изготовителя с потребителем | | | | | — |
| ГОСТ 24982–81 | Закалка | 980–1020 | Вода | s ≤ 3,9 | 20 | — | 860 | 35 | — | — | — |
| | | | | s ≥ 4,0 | 800 | — | 175 | 45 | — | — | — |
| ГОСТ 25054–81 | Закалка | 980–1020 | Вода или воздух | < 200 | 20 | 196 | 588 | 30 | 40 | — | 200 |
| | | | | 200–500 | 20 | 196 | 588 | 27 | 37 | — | 200 |
| | | | | 500–1000 | 20 | 196 | 588 | 25 | 35 | — | 200 |
| ТУ 14–1–895–74 | Закалка | 1080–1100 | Воздух | φ 180 φ 215 φ 250 | 20 | 255 | 590 | 40 | — | — | — |
| ТУ 14–1–975–74 | Закалка | 980–1020 | Вода или воздух | s 0,1–2,0 | 20 | — | 830 | δ ₄ 25 | — | — | — |
| ТУ 14–1–1671–76 | Закалка | 980–1020 | Воздух | φ 180 □ 180 | 20 | 165 | 640 | 35 | 50 | — | — |
| ТУ 14–1–2752–79 | Закалка | 980–1020 | Вода или воздух | s 4,0–11,0 | 20 | 275 | 640–880 | 30 | — | — | — |
| ТУ 14–1–4009–85 | Закалка | 1080–1100 | Воздух | φ 85–120 | 20 | 165 | 640 | 35 | 50 | — | — |
| ТУ 14–1–4319–87 | Закалка | 1080–1100 | Воздух | φ 170–250 | 20 | — | 650 | 35 | — | — | — |
| [5] | ПС | | | Лист х/к до 3,6 | 20 | — | 700 | 30 | — | — | — |
| | | | | Лист г/к 8,5–11 | 20 | — | 700 | 30 | — | — | — |
| | | | | Пруток φ ≤ 30 | 20 | 300 | 700 | 30 | 50 | — | — |
| | | | | Лента х/к | 20 | — | — | 20 | — | — | — |
| Назначение. Детали газопроводных систем, жаровые трубы камер сгорания, рассчитанные на ограниченный срок службы при температурах до 1000°C, направляющие лопатки, уплотнения и другие детали. | | | | | | | | | | | |
| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | | | Жаростойкость [1] | | | | | |
| | σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | Тип образца | Цикл | Среда | t, °C | Глубина коррозии, мм | База испытаний, ч | | |
| 20 | 220 | — | 10 ⁷ | Образцы гладкие | симметричный | | | | | | |
| 700 | 155 | — | 10 ⁷ | | | | | | | | |
| 800 | 140 | — | 10 ⁷ | | | | | | | | |
| 900 | 100 | — | 10 ⁷ | | | | | | | | |
| Окалиностойкая до температуры 1000°C | | | | | | | | | | | |
| Ударная вязкость, КCU, Дж/см ² , при t, °C [5] | | | | | | | | | | | |
| Вид металла | | + 20 | + 200 | + 900 | + 1000 | + 1100 | + 1150 | + 1200 | Термообработка | | |
| Деформированный ОВ | | 297 | 196 | 208 | 198 | 153 | 80 | 55 | Образцы из заготовки сечением 90×90 мм. Нормализация 1150°C | | |

| ХН78Т (ЭИ 435) | | | | Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------|-------------------|--|---|------------------------------------|------------------------------------|--|--|-------------------------|-------------------------|----|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | $\delta_{5,65 \sqrt{F}}$, % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [5] | Закалка | 980–1020 | Воздух | — | 20 | 270 | 780 | 40 | — | — | — | | |
| | | | | | 400 | 250 | 680 | 40 | — | — | — | | |
| | | | | | 500 | 210 | 620 | 40 | — | — | — | | |
| | | | | | 600 | 190 | 600 | 40 | — | — | — | | |
| | | | | | 700 | 100 | 400 | 35 | — | — | — | | |
| | | | | | 800 | — | 180 | 70 | — | — | — | | |
| | | | | | 900 | — | 110 | 90 | — | — | — | | |
| | | | | | 1000 | — | 65 | 100 | — | — | — | | |
| | | | | | 1100 | — | 45 | 112 | — | — | — | | |
| 1200 | — | 24 | 130 | — | — | — | | | | | | | |
| Пределы длительной прочности и ползучести сплава | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 1·10 ² | 5·10 ² | 1·10 ³ | 1·10 ⁴ | 5/10 ² | | | | |
| [5] | Закалка | 980–1020 | Воздух | 550 | — | — | 157 | — | — | | | | |
| | | | | 700 | 105 | — | 60 | — | — | | | | |
| | | | | 800 | 28 | 18 | 45 | 29 | — | | | | |
| | | | | 900 | 15 | 12 | — | 8 | — | | | | |
| | | | | 1000 | 13 | — | 8 | 3 | — | | | | |
| | | | | 1050 | 14 | — | 6 | 2 | — | | | | |
| | | | | 1100 | 9 | — | 4 | 2 | — | | | | |
| | | | | 1150 | 7 | — | 3 | 1 | — | | | | |
| | | | | 1200 | 5 | — | 2 | 1 | — | | | | |
| | Закалка | 1000, 5–10 мин | Воздух | 800 | — | — | — | — | 18 | | | | |
| | | | | 900 | — | — | — | — | 7 | | | | |
| | | | | 1000 | — | — | — | — | 6 | | | | |
| | Закалка | 1150, 5–10 мин | Воздух | 800 | — | — | — | — | 38 | | | | |
| | | | | 900 | — | — | — | — | 21 | | | | |
| | | | | 1000 | — | — | — | — | 11 | | | | |
| Механические свойства сплава при 20°C после длительного старения | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ , ч | | | | | | | |
| [1, 5] | ПС | — | — | — | Исходное состояние | | Образцы продольные | | | | | — | |
| | | | | | | | 170 | 610 | 38 | — | — | | — |
| | | | | | 700 | 3000 | 170 | 560 | 34 | — | — | — | — |
| | | | | | 800 | 3000 | 150 | 600 | 38 | — | — | — | — |
| | | | | | 900 | 3000 | 140 | 560 | 33 | — | — | — | — |
| | | | | | 1000 | 3000 | 170 | 520 | 33 | — | — | — | — |
| | | | | | 1100 | 500 | 170 | 500 | 33 | — | — | — | — |
| | | | | | Исходное состояние | | Образцы поперечные | | | | | — | |
| | | | | | | | 170 | 530 | 40 | — | — | | — |
| | | | | | 700 | 3000 | 180 | 610 | 38 | — | — | — | — |
| | | | | | 800 | 3000 | 160 | 600 | 36 | — | — | — | — |
| | | | | | 900 | 3000 | 150 | 560 | 31 | — | — | — | — |
| 1000 | 3000 | 180 | 480 | 38 | — | — | — | — | | | | | |
| 1100 | 500 | 160 | 470 | 30 | — | — | — | — | | | | | |
| Термическая усталость сплава [5] | | | | | | | | | | | | | |
| t, °C | | | | n | | | | Режим испытаний | | | | | |
| 800–20 | | | | 130 | | | | Образцы с надрезом. R _n = 0,1 мм. Продолжительность цикла 1 мин до образования трещины длиной 0,5 мм | | | | | |
| 900–20 | | | | 67 | | | | | | | | | |
| 1000–20 | | | | 35 | | | | | | | | | |
| 1100–20 | | | | 25 | | | | | | | | | |
| 1200–20 | | | | 20 | | | | | | | | | |

| ХН78Т (ЭИ 435) | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------------------|--------------------|--|--------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| Жаростойкость [5] | | | | | | | | | |
| Среда | t, °C | База испытаний, ч | Скорость окисления, мм/год | Увеличение массы | | Потеря массы | | | |
| | | | | г/м ² | г/(м ² ·ч) | г/м ² | г/(м ² ·ч) | | |
| — | 1150 | 100 | — | 36,4 | 0,38 | 121,5 | 1,3 | | |
| | 1150 | 1000 | | 47,6 | 0,048 | 279,6 | 0,28 | | |
| | 1150 | 2000 | | 80,7 | 0,040 | 450,4 | 0,23 | | |
| | 1150 | 4000 | | 119,9 | 0,030 | 479,1 | 0,12 | | |
| | 1150 | 6000 | | 235,9 | 0,039 | 722,2 | 0,12 | | |
| | 1150 | 8000 | | 317,7 | 0,040 | 1110 | 0,14 | | |
| | 1150 | 10000 | | 370,8 | 0,037 | 1643 | 0,16 | | |
| | 1200 | 100 | | 49,5 | 0,5 | 127,8 | 1,3 | | |
| | 1200 | 700 | | 76,6 | 0,11 | 214,0 | 0,30 | | |
| | 1200 | 2000 | | 104,3 | 0,05 | — | — | | |
| Жаростойкость [5] | | | | | | | | | |
| Среда | t, °C | Глубина коррозии, мм, за время испытаний, ч | | | | | | | |
| | | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 | 7000 | 8000 | 10000 |
| Воздух | 100 | 0,011 | 0,016 | 0,020 | 0,023 | 0,025 | 0,30 | 0,032 | 0,036 |
| | 800 | — | — | — | — | — | — | — | 0,004 |
| | 850 | — | — | — | — | — | — | — | 0,005 |
| | 900 | — | — | — | — | — | — | — | 0,009 |
| | 950 | — | — | — | — | — | — | — | 0,013 |
| | 1000 | — | — | — | — | — | — | — | 0,019 |
| | 1100 | — | — | — | — | — | — | — | 0,036 |
| | 1200 | 0,020 | 0,028 | 0,034 | 0,039 | 0,044 | 0,052 | 0,056 | 0,063 |
| Начало интенсивного окисления в воздушной среде при температуре 1100°C. | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [1] | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | |
| Слиток | 1160–950 | — | | — | | До 300 | | В штабелях на воздухе | |
| Заготовка | 1220–850 | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | |
| Ограниченно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ | | | | | В закаленном состоянии при 156 НВ и $\sigma_b = 720$ Н/мм ² $K_v = 0,5$ (твердый сплав), $K_v = 0,3$ (быстрорежущая сталь) | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Марка сплава | Вид поставки | | | | | | | | | |
| ХН80ТБЮ (ЭИ 607), ХН80ТБЮА (ЭИ 607А) | Горячекатаные и кованные прутки — ТУ 14-1-1358-74, ТУ 14-1-3728-84. Лопатки — ТУ 108.01.059-86. | | | | | | | | | |

| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.01.059-86 | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|---------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|-----------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Nb | Fe | Ti | Al |
| ≤ 0,08 | ≤ 0,80 | ≤ 1,00 | ≤ 0,012 | ≤ 0,015 | 15,0-18,0 | основа | 1,00-1,50 | ≤ 3,00 | 1,40-1,80 | 0,50-1,00 |

| Механические свойства | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-1358-74 | Закалка | 1100, 6 ч | Вода | 32-55 | 20 | 441 | 833 | 20 | 25 | 59 | — |
| | Отпуск | 1000, 2 ч | С печью до 900°C | | | | | | | | |
| | Отпуск | 900, 1 ч | С печью до 800°C | | | | | | | | |
| | Отпуск | 800, 2 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 750, 20 ч | Воздух | | | | | | | | |
| | Отпуск | 700, 48 ч | Воздух | | | | | | | | |
| ТУ 108.01.059-86 | Закалка | 900, 2 ч | Воздух | Лопатки | 20 | 441-618 | 833 | 20 | 25 | 59 | 187-241 |
| | Старение | 1090, 3 ч | | | | | | | | | |
| | Старение | 1000, 4 ч | | | | | | | | | |
| | Старение | 675, 20 ч | | | | | | | | | |

Назначение. Лопатки, крепежные детали, пружины, диски, уплотнительные кольца, работающие при температуре до 700°C.

| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [1] | | | | | НД | t, °C | Длительная прочность в зависимости от температуры испытания | |
|-------|--|-------------|-----------------|------------------------------------|--------------|------------------|-------|---|----------------------|
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | Тип образца | Цикл | | | Длительная прочность | |
| 550 | 475 | — | 10 ⁷ | Пруток. Образцы продольные гладкие | симметричный | ТУ 108.01.059-86 | 650 | σ , Н/мм ² | τ , ч, не менее |
| 600 | 475 | — | 10 ⁷ | | | | | | |
| 650 | 375 | — | 10 ⁸ | Диск. Образцы радиальные гладкие | симметричный | ТУ 108.01.059-86 | 650 | 422 | 50 |
| 700 | 363 | — | 10 ⁸ | | | | | | |

| t, °C | $\sigma_{стат.}$, Н/мм ² | Предел выносливости, σ_{-1} , Н/мм ² , при симметричном и асимметричном циклах нагружения N (прутки, образцы продольные) [6] | | | | | | | |
|-------|--------------------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | 10 ⁵ | 10 ⁵ | 10 ⁶ | 10 ⁶ | 10 ⁷ | 10 ⁷ | 10 ⁸ | 10 ⁸ |
| 650 | — | — | — | 420 | — | 390 | — | 370 | — |
| 650 | 110 | — | 290 | 320 | 200 | 280 | 190 | 260 | 180 |
| 650 | 180 | 340 | 250 | 300 | 190 | 250 | 180 | 200 | 170 |

| | | | | | | | | |
|-------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|
| Тип образца | Гладкий | С надрезом | Гладкий | С надрезом | Гладкий | С надрезом | Гладкий | С надрезом |
|-------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|

Термообработка: Нагрев 1100°C, 5 ч, воздух. Старение 1000°C, 2 ч, до 900°C, 1 ч, до 800°C, 2 ч, воздух. Старение 750°C, 20 ч, воздух. Старение 700°C, 48 ч, воздух.

| Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C [6] | | | | | | | | |
|---|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---|--|
| Вид металла | + 800 | + 900 | + 1000 | + 1100 | + 1150 | + 1200 | Сортамент | |
| Деформированный ОВ | 214 | 271 | 384 | 332 | 321 | 303 | Образцы из заготовок сечением 80×80 мм. | |

| Механические свойства сплава при различных температурах | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------|--------------------------------------|--------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [6] | Нагрев | 1100, 5 ч | Воздух | Прутки | 20 | 650 | 950 | 18 | 22 | 70 | — |
| | | | | | 500 | 610 | 1000 | 26 | 26 | — | — |
| | Старение | 1000, 2 ч | До 900°C, 1 ч, до 800°C, 2 ч, воздух | образцы продольные | 600 | 600 | 830 | 11 | — | — | — |
| | | | | | 630 | 600 | 790 | 7 | — | — | — |
| | Старение | 750, 20 ч | Воздух | 650 | 550 | 700 | 7 | 10 | 100 | — | — |
| Старение | 700, 48 ч | Воздух | 700 | 500 | 680 | 7 | 6 | 120 | — | — | |

ХН80ТБЮ (ЭИ 607), ХН80ТБЮА (ЭИ 607А)

Механические свойства при различных температурах после длительного старения

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим старения | | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|-----|----------------------|-----------|--------------------------------------|-------------|--------------------|------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | τ, ч | | | | | | | |
| | | | | | не менее | | | | | | | | |
| [6] | Нагрев | 1100, 5 ч | Воздух | Прутки | Исходное состояние | | 20 | Образцы продольные | | | | | |
| | Старение | 1000, 2 ч | До 900°C, 1 ч, до 800°C, 2 ч, воздух | | | | | 77 | 119 | 25 | 31 | 110 | — |
| | Старение | 750, 20 ч | Воздух | | 500 | 4000 | 20 | 79 | 120 | 22 | 29 | 75 | — |
| | | | | | 500 | 4000 | 550 | 70 | 107 | 21 | 31 | — | — |
| | Старение | 700, 48 ч | Воздух | | 550 | 4000 | 20 | 80 | 122 | 18 | 24 | 55 | — |
| | | | | | 550 | 4000 | 550 | 69 | 97 | 10 | 15 | — | — |
| | 600 | 4000 | 20 | | 82 | 122 | 19 | 23 | 50 | — | — | | |
| 600 | 4000 | 600 | 57 | 87 | 5 | 13 | — | — | — | | | | |

Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения [1]

| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | КСУ, Дж/см ² |
|--------------------|------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|
| t, °C | τ, ч | | | | |
| Исходное состояние | | 620 | 1000 | 33 | 160 |
| 500 | 6000 | 680 | 1090 | 29 | 100 |
| 550 | 6000 | 740 | 1150 | 25 | 120 |
| 600 | 6000 | 710 | 1090 | 25 | 110 |
| 650 | 6000 | 590 | 1020 | 33 | 120 |

Релаксационная стойкость

| НД | Режим термообработки | | | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время τ, ч | | | | | | | НВ |
|-----|------------------------|-------|-------------------|-------|--------------------------------|--|-----|-----|------|------|------|-------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | 25 | 100 | 500 | 1000 | 2000 | 5000 | 10000 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| [6] | Закалка | 1150 | Вода | 650 | 150 | 134 | 132 | 130 | 128 | 125 | 122 | 117 | — |
| | Старение 2-ступенчатое | | | 700 | 200 | — | 131 | 116 | 108 | 97 | 82 | 70 | — |

Пределы длительной прочности [6]

Жаростойкость [6]

| t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | Среда | t, °C | Глубина коррозии, мм | База испытаний, ч | Группа стойкости |
|-------|---|-------------------|-------------------|--------|-------|----------------------|-------------------|------------------|
| | 1·10 ³ | 5·10 ³ | 1·10 ⁴ | | | | | |
| 650 | 450 | 320 | 280 | Воздух | 700 | 0,001 | 10000 | — |
| 799 | 280 | 220 | 170 | | 800 | 0,007 | 10000 | — |
| | | | | | 850 | 0,013 | 10000 | — |

Технологические характеристики [1]

| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 1180–900 | — | Воздух | — | Воздух |
| Заготовка | 1160–950 | | | | |

Свариваемость

Обработываемость резанием

Трудно свариваемый.
Способы сварки: РД, РАД и КТ

В термообработанном состоянии при 165 НВ и $\sigma_B = 750$ Н/мм²
K_v = 0,2 (твердый сплав),
K_v = 0,15 (быстрорежущая сталь)

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|--|---|-----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| X15H60-H | | Проволока — ГОСТ 12766.1-90. Лента — ГОСТ 12766.2-90, ГОСТ 12766.5-90. Калиброванный прут — ГОСТ 12766.3-90. Сортовой прокат — ГОСТ 12766.4-90. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 10994-74 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Al | Zr | Fe | |
| ≤ 0,06 | 1,00–1,50 | ≤ 0,60 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | 15,0–18,0 | 55,0–61,0 | ≤ 0,20 | ≤ 0,20 | 0,20–0,50 | остальное | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ_{200} , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | t испытания, °C | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.1-90 | Мягкое термически обработанное состояние | | | ∅ 0,1–7,5 | — | ≤ 1000 | 20 | — | — | 20 | — |
| ГОСТ 12766.2-90 | В состоянии поставки | | | Толщина 0,1–3,2 Ширина 6–250 | — | ≤ 834 | 20 ¹ | — | — | 20 | — |
| ГОСТ 12766.3-90 | Мягкое термически обработанное состояние | | | ∅ 8–10 | — | — | 20 | — | — | 20 | — |
| ГОСТ 12766.4-90 | Мягкое термически обработанное состояние | | | ∅ 8–12 | — | — | 20 ² | — | — | 20 | — |
| ДЦ | Нагрев | 950 20 мин | Вода | ∅ 0,1–7,5 | 264 | 645 | 32 | 60 | — | 20 | — |
| | | | | | 254 | 402 | 22 | 40 | — | 600 | — |
| | | | | | 226 | 284 | 30 | 52 | — | 700 | — |
| | | | | | 127 | 166 | 33 | 50 | — | 800 | — |
| | | | | | — | 108 | 24 | 45 | — | 900 | — |
| | | | | | — | 59 | 36 | 44 | — | 1000 | — |
| | | | | | — | 38 | 20 | 34 | — | 1100 | — |
| | — | 28 | 17 | 33 | — | 1200 | — | | | | |
| ¹ δ_s . | | | | | | | | | | | |
| ² δ_{100} . | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Электронагревательные элементы печей с предельной рабочей температурой 1100–1200°C и бытовых приборов. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
| σ_{-1} | τ_{-1} | | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — |
| Нормируемые свойства сплава | | | | | | | | | | | |
| НД | | Вид продукции | | Размер, мм | | t, °C | | Живучесть, ч | | | |
| | | | | | | | | не менее | | | |
| ГОСТ 12766.1-90 | | Проволока | | ∅ 0,1–7,5 | | 1150 | | 150 | | | |
| ГОСТ 12766.2-90 | | Лента | | Толщина 0,1–3,2 Ширина 6–250 | | 1150 | | 150 | | | |
| ГОСТ 12766.3-90 | | Моток | | ∅ 8–10 | | 1150 | | 150 | | | |
| ГОСТ 12766.4-90 | | Моток | | ∅ 8–12 | | 1150 | | 150 | | | |
| | | Пруток | | ∅ 8–12 | | По требованию потребителя | | | | | |
| ГОСТ 12766.5-90 | | Лента | | Толщина 0,1–1,0 Ширина 0,5–5,0 | | 1150 | | 150 | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | | — | | — | | — | | — | | | |
| Заготовка | | — | | — | | — | | — | | | |
| Свариваемость | | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | |
| Трудно свариваемый. Способ сварки: РД. Газовую сварку не применять. | | | — | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | |
| | | | | | | | — | — | — | — | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|--|---|---------------------------|---------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|----|
| X20H80-H | | Проволока — ГОСТ 12766.1-90. Лента — ГОСТ 12766.2-90, ГОСТ 12766.5-90. Калиброванный пруток — ГОСТ 12766.3-90. Сортовой прокат — ГОСТ 12766.4-90. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 10994-74 | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Ti | Al | Zr | Fe | |
| ≤ 0,06 | 1,00-1,50 | ≤ 0,60 | ≤ 0,015 | ≤ 0,020 | 20,0-23,0 | основа | ≤ 0,20 | ≤ 0,20 | 0,20-0,50 | ≤ 1,00 | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ_{200} , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | t испытания, °C | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.1-90 | Мягкое термически обработанное состояние | | | ø 0,1-7,5 | — | ≤ 1000 | 20 | — | — | 20 | — |
| ГОСТ 12766.2-90 | В состоянии поставки | | | Толщина 0,1-3,2 Ширина 6-250 | — | ≤ 834 | 20 ¹ | — | — | 20 | — |
| ГОСТ 12766.3-90 | Мягкое термически обработанное состояние | | | ø 8-10 | — | — | 20 | — | — | 20 | — |
| ГОСТ 12766.4-90 | Мягкое термически обработанное состояние | | | ø 8-12 | — | — | 20 ² | — | — | 20 | — |
| ДЦ | Нагрев | 1200 20 мин | Воздух | ø 0,1-7,5 | — | 656 | 45 | 61 | — | 20 | — |
| — | | | | | 431 | 40 | 40 | — | 700 | — | |
| — | | | | | 215 | 70 | 72 | — | 800 | — | |
| — | | | | | 92 | 55 | 82 | — | 900 | — | |
| — | | | | | 71 | 70 | 62 | — | 1000 | — | |
| — | | | | | 35 | 130 | 93 | — | 1100 | — | |
| — | | | | | 27 | 110 | 96 | — | 1150 | — | |
| — | 22 | 102 | 98 | — | 1200 | — | | | | | |
| ¹ δ_5 . | | | | | | | | | | | |
| ² δ_{100} . | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Электронагревательные элементы печей с предельной температурой 1100-1200°C и бытовых приборов. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² | | Термообработка | | | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | Термообработка | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | — | | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | — |
| — | — | — | | | — | — | — | — | — | — | — |
| Нормируемые свойства сплава | | | | | | | | | | | |
| НД | Вид продукции | Размер, мм | t, °C | Живучесть, ч не менее | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.1-90 | Проволока | ø 0,1-7,5 | 1200 | 160 | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.2-90 | Лента | Толщина 0,1-3,2 Ширина 6-250 | 1200 | 160 | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.3-90 | Моток | ø 8-10 | 1200 | 160 | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.4-90 | Моток | ø 8-12 | 1200 | 160 | | | | | | | |
| | Пруток | ø 8-12 | По требованию потребителя | | | | | | | | |
| ГОСТ 12766.5-90 | Лента | Толщина 0,1-1,0 Ширина 0,5-5,0 | 1200 | 160 | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | | | | | |
| Слиток | | | — | | | — | | | — | | |
| Заготовка | | | — | | | — | | | — | | |
| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием | | | | Температура критических точек, °C | | | | | |
| Трудно свариваемый. Способ сварки: РД. Газовую сварку не применять. | | — | | | | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ | | |
| | | | | | | — | — | — | — | | |

| Марка сплава | Вид поставки |
|----------------------------------|---|
| Н70МФВ-ВИ (ЭП 814А-ВИ) | Лист горячекатаный — ТУ 14-1-3239-81, ТУ 14-1-4684-89. Труба электросварная — ТУ 14-3-1227-83. Лента холоднокатаная — ТУ 14-1-2230-77. Пруток — ТУ 14-1-2260-77. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72

| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | V | W | Ti | Fe |
|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|---------------|---------------|---------------|--------|--------|
| ≤ 0,02 | ≤ 0,10 | ≤ 0,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,025 | ≤ 0,30 | основа | 25,0– 17,0 | 1,40– 1,70 | 0,10– 0,45 | ≤ 0,15 | ≤ 0,50 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------------------------------|--|---------|----------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 14-1-3239-81, ТУ 14-1-4684-89 | Закалка Нагрев 4–5 мин/мм толщины | 1070+20 | Вода | Лист г/к 4–7× 1000×2000, 8–9×1000× 2000–1300, 12–20×1000× 1300–500 | 363 | 784 | 40 | — | — | — | 220 |
| ТУ 14-1-2230-77 | Закалка Нагрев 4–5 мин/мм толщины | 1070+20 | Вода | Лента х/к 0,4–2,0×365 400×L рулона | 392 | 833 | 40 | — | — | — | — |
| ТУ 14-1-2260-77 | ПС | | | Пруток г/к ϕ 20 Пруток кованный ϕ 40–100, \square 40–100 | 294 | 688 | 25 | — | — | — | — |
| ТУ 14-3-1227-83 | Закалка Нагрев 4–5 мин/мм толщины | 1070+20 | Вода | Труба ϕ 25–76 Длина 3000 | 340 | 780 | 35 | — | — | — | — |

Назначение. Для изготовления сварной аппаратуры, емкости, теплообменники, реакторы, эксплуатирующейся при повышенных температурах в солянокислых средах, концентрированных растворах серной, фосфорной и уксусной кислот, в производстве уксусной кислоты, галогеноводородных кислот, полипропилена и др. При температуре стенки от минус 70 до плюс 500°C и давлении среды более 510 Н/мм².

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HB | |
|------|----------------------|-------|----------------------|----------------|-------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|---------|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [15] | Закалка | 1070 | Вода | Лист | 20 | 450–500 | 930–980 | 45–66 | 55–65 | 200–240 | — | |
| | | | | | 10 | 500 | 450–500 | 930–980 | 45–50 | 56–65 | 200–240 | — |
| | | | | | 600 | 300–380 | 500–700 | 20–35 | 30–38 | 150–230 | — | |
| | | | | | 700 | 400–420 | 500–580 | 10–20 | 10–30 | 180–210 | — | |
| | | | | | 800 | 300–350 | 500–520 | 20–28 | 25–35 | 160–180 | — | |
| | | | | | 900 | 300 | 300–350 | 40–60 | 35–50 | 140–160 | — | |
| | | | | | 1000 | 150–200 | 200 | 60–90 | 40–60 | 120 | — | |
| | | | | | 1100 | 80 | 100 | 42 | 55 | 110 | — | |
| 1200 | 50 | 50 | 35 | 65 | 80 | — | | | | | | |

| Н70МФВ-ВИ (ЭП 814А-ВИ) | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|-------------------|--------------------|--------------------|---|-----------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|-----|
| Механические свойства при температуре 20°C в зависимости от степени холодной деформации | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Степень обжатия, % | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в*}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [15] | Закалка | 1070 | Вода | Лист | 0 | 500 | 980 | 50 | — | — | 23 |
| | | | | 2,0 | 10 | 700 | 1050 | 50 | — | — | 20 |
| | | | | | 15 | 1000 | 1150 | 30 | — | — | 15 |
| | | | | | 25 | 1050 | 1100 | 15 | — | — | 12 |
| Коррозионная стойкость [15] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | |
| Общая | | — | | — | — | | — | | | | |
| Точечная | | — | | — | — | | — | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Сток в 42% кипящем растворе хлористого магния. | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | Сплав стоек после провоцирующего отпуска при 800°C, в течении 0,5 ч и испытания в контрольном кипящем 21% растворе соляной кислоты в течение 200 ч. | | | | | | | | | |
| Сплав имеет высокую коррозионную стойкость в широкой гамме высокоагрессивных сред восстановительного характера: | | | | | | | | | | | |
| — в соляной кислоте любой концентрации при любой температуре, включая кипение; в интервале концентраций 1–37% HCl при 20 и 70°C, в кипящих растворах соляной кислоты концентрации до 10% скорость коррозии сплава с 27% Мо не превышает 0,2 мм/год; в кипящих растворах соляной кислоты концентрации 15–21% — не превышает 0,3–0,4 мм/год; | | | | | | | | | | | |
| — в 10–93% H ₂ SO ₄ при 95°C и в кипящих растворах 10–40% H ₂ SO ₄ скорость коррозии не превышает 0,1 мм/год; в 1–10% H ₂ SO ₄ при 70°C, когда кислота обладает окислительными свойствами, скорость коррозии равна 0,2 мм/год; | | | | | | | | | | | |
| — в фосфорной кислоте всех концентраций, за исключением 94%, до 140°C скорость коррозии сплава составляет менее 0,02 мм/год. В полифосфорных кислотах при 100–200°C скорость коррозии не превышает 0,4 мм/год; | | | | | | | | | | | |
| — в галогенах (фтор, бром, йод), чистых или содержащих кислоты восстановительного характера, такие как фтористоводородная (концентрация до 80% при комнатной температуре и до 10% при 70°C), бромистоводородная, йодистоводородная и хлорсульфоновая; | | | | | | | | | | | |
| — во влажном хлористом водороде; | | | | | | | | | | | |
| — в ряде органических кислот в том числе муравьиной (при 10–90% HCOOH при кипении, 50–80% HCOOH при 140°C под давлением) и уксусной (50–80% CH ₃ COOH при кипении, 98% CH ₃ COOH при 165°C под давлением). | | | | | | | | | | | |
| Сплав обладает также 1-м баллом стойкости в соляной (5–37% концентрации до температуры кипения) и серной кислоте (до 50% концентрации до температуры кипения, до 55% концентрации при 120°C), а также в хлоридах. | | | | | | | | | | | |
| Никелемолибденовые сплавы не стойки в азотной кислоте, хлоридах металлов (железа, меди и т.д.) и в других средах, обладающих окислительными свойствами. Даже весьма незначительные количества (10 ⁻⁴ %) окислителей (хлора, кислорода, ионов трехвалентного железа и меди и т.п.) в растворах соляной и серной кислот резко снижают коррозионную стойкость никелемолибденовых сплавов. Присутствие в этих средах окислителей недопустимо. | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [15] | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1220–950 | Обязательный нагрев после ковки при 1070+20°C с выдержкой 3–5 мин/мм сечения и охлаждение в воде или под водяным душем | | | | | | | | | |
| Заготовка | 1220–950 | | | | | | | | | | |
| Необходима длительная выдержка при температуре нагрева под деформацию. Сплав обладает более высокой способностью к нагартовке по сравнению со сталью 18–10 и поэтому требует большого числа промежуточных подогревов при обработке давлением. | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обработываемость резанием | | | | | |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД (применяют электроды ОЗЛ–23, сварку ведут с минимальным тепловложением, для чего применяют интенсивное охлаждение), РАД (в качестве присадочного материала используют проволоку Н70–ВИ (ЭП 495) по ТУ 14–1–673–82 или Н65М–ВИ (ЭП 492) по ТУ 14–1–3281–81) | | | | | | Точение, сверление, фрезерование и другую обработку ведут при пониженных скоростях режущим инструментом из твердых сплавов ВК3, ВК3М, ВК6М; при сверлении — твердые сплавы ВК10, ВК10М, ВК15, ВК15М | | | | | |

| | |
|---------------------|--|
| Марка сплава | Вид поставки |
| НП2 | Деформируемые полуфабрикаты (проволока, прутки, ленты, листы, полосы) — ГОСТ 492–2006. Лист горячекатаный — ТУ 48–0815–84–92. Лист холоднокатаный — ТУ 48–0815–80–92. Плита горячекатаная — ТУ 48–0815–84–92. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 492–2006

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Основа | Примеси | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ni+Co | Fe | Si | Mg | Mn | Cu | Pb | S | C | P | Bi | As | Sb | Zn | Cd | Sn | Всего |
| ≥ 99,5 | ≤ 0,10 | ≤ 0,15 | ≤ 0,10 | ≤ 0,05 | ≤ 0,10 | ≤ 0,002 | ≤ 0,005 | ≤ 0,10 | ≤ 0,002 | ≤ 0,002 | ≤ 0,002 | ≤ 0,002 | ≤ 0,007 | ≤ 0,002 | ≤ 0,002 | ≤ 0,50 |

Примечания.

- По согласованию изготовителя с потребителем в никеле допускается содержание цинка до 0,02%.
- Массовая доля кобальта в никеле должна быть не более 0,20%.
- Суммарная доля примесей ≤ 0,50%.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------------------------------|---------------------------|---|-------------------|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 48–0815–80–92, ТУ 48–0815–84–92 | Нагрев | 620–700, 3 мин/мм толщины, но не менее 30 мин | Воздух | Лист х/к (отож- женный) | — | 430 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | Лист и плита ¹ г/к | — | 372 | 25 | — | — | — | — |
| [10] | Отожженное состояние | | | Не оговари- вается | — | 392–490 | 30–40 | — | — | — | — |
| | Деформированное состояние | | | Не оговари- вается | — | 588–980 | 5–10 | — | — | — | — |

¹ Механические свойства плит факультативные.**Назначение.** Применяется для приборостроения и машиностроения.Для изготовления химического оборудования рекомендуемые рабочие параметры: температура от минус 70 до плюс 500°C, давление не более 1,6 Н/мм².

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 360°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HB |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [15] | Отжиг | 650 | | Лист | 20 | — | 430 | — | — | — | — |
| | | | | | 100 | — | 392 | — | — | — | — |
| | | | | | 200 | — | 392 | — | — | — | — |

Коррозионная стойкость [10]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|--|-------|-----------------|----------------|
| Общая | Обладает высокой коррозионной стойкостью в различных средах при нормальной температуре, значительным сопротивлением окислению при повышенной температуре | | | |
| Точечная | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | |
| Межкристаллитная | | | | |

Коррозионная стойкость [15]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Балл стойкости |
|-----------------------------|--|--------|---------------------|
| Общая | В контакте с сухим хлором, хлористым водородом, фтором и фтористым водородом | До 540 | Исключительно стоек |
| Точечная | В контакте с сухим диоксидом серы | До 320 | Исключительно стоек |
| | В гидроксилах натрия и калия | До 350 | Исключительно стоек |
| Коррозионное растрескивание | Горячие и холодные щелочные и нейтральные растворы солей (карбонаты, нитриты, сульфаты, хлориды, ацетаты), но не обладающие окислительным характером | — | Исключительно стоек |
| | В разбавленных неокислительных неорганических и органических кислотах при низких температурах | — | Исключительно стоек |

Технологические характеристики**Свариваемость [15]**

Способы сварки: РАД (неплавящимся электродом, присадочный материал — сварочная проволока НМц и АТК–0,15–2,5–0,15 по ТУ 48–21–284–73), РД.

Сварка сосудов и аппаратов. При сварке необходимо обеспечить защиту шва и околошовной зоны от окружающей среды.

Режимы сварки: 40–120 А для толщин 1,0–4,0 мм; 180–250 А для толщин 6,0–12,0 мм.

Механические свойства сварного соединения выполненного РАД: $\sigma_{0,2} = 225$ Н/мм², $\sigma_b = 420$ Н/мм², КСУ = 130 Дж/см²

ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|-------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 03X25H25Ю5ТЛ | | Цилиндрические тонкостенные крупногабаритные отливки — ТУ 14-1-2443-78. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-2443-78 | | | | | | | | | | | Температура критических точек, °С | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Fe | Ti | Al | Ce | Ac ₁ | Ac ₃ | Ar ₁ | Ar ₃ |
| ≤ 0,03 | ≤ 0,50 | ≤ 0,50 | ≤ 0,020 | ≤ 0,020 | 24,0–26,0 | 24,0–26,0 | основа | 0,20–0,40 | 5,00–5,50 | По расчету 0,05–0,09 | — | — | — | — |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | | |
| ТУ 14-1-2443-78 | | | | 14–20 | По согласованию | | | | | | — | — | | |
| Назначение. Отливки из жаростойкого сплава, предназначенные для ответственных элементов топочного котельного оборудования ТЭС (цилиндрические и конические насадки горелок, сопловые головки) и других деталей, работающих в окислительных атмосферах при температуре до 1300°С. | | | | | | | | | | | | | | |
| Жаростойкость | | | | Стойкость к теплосменам | | | | | | | | | | |
| Среда | t, °С | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | Среда | Режим | Количество теплосмен | Скорость коррозии, мм/год | База испытаний, ч | | | | | | |
| Воздух | 1300 | 0,1 | 2000 | Воздух | 1300±20°С | 40 | 0,31 | 315 | | | | | | |
| Продукты сгорания природного газа: 14% CO ₂ , 8,5% H ₂ O, 4% O ₂ , 0,15% SO ₂ , остальное N ₂ | 1100 | 0,01 | 2000 | | | | | | | | | | | |
| Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °С | | | | | | | | | | Термообработка | | | | |
| + 900 | + 1000 | + 1100 | + 1200 | + 1250 | | | | | | | | | | |
| 88 | 118 | 196 | 132 | 118 | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | |
| Ограниченно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | | | | | | | В состоянии поставки при σ _в ≤ 774 Н/мм ² K _v = 0,6 (твердый сплав), K _v = 0,5 (быстрорежущая сталь) | | | | | | | |

| | |
|----------------------------------|---|
| Марка сплава | Вид поставки |
| ХН58ВКМТЮБЛ (ЦНК 8МП) | Литая прутковая шихтовая заготовка жаропрочного коррозионно-стойкого никелевого сплава, полученная вакуумно-индукционным методом — ТУ 1-801-288-91.Р2, ТУ 1-809-1079-98. |

Массовая доля элементов, %, по ТУ 1-809-1079-98

| | | | | | | | | | | | |
|--------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---|----|--------|
| C | Mn | Cr | Co | Mo | W | Al | Ti | Nb | B | Ce | Ni |
| ≤ 0,02 | ≤ 0,30 | 11,5– 13,0 | 8,00– 9,50 | 0,25– 0,60 | 6,20– 7,20 | 3,70– 4,50 | 4,00– 5,00 | 0,80– 1,20 | — | — | основа |

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испы- тания, °С | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | |
|--------------------------------|--|----------------|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------|------------|----------------------------|----|---------------------------------|------------|
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | σ , Н/мм ² | τ , ч |
| | | | | не менее | | | | | | | |
| ТУ 1– 801– 288– 91.Р2 | Образцы с равноосной структурой, залитые в холодные керамические формы. Без термообработки | ø 90 | 20 | 850 | 950 | 5 | — | 9,8 | — | — | — |
| | | | 900 | — | — | — | — | — | — | — | 245 |
| ТУ 1– 809– 1079-98 | Образцы с монокристаллической структурой, залитые в горячие керамические формы. Закалка 1250°С, 2 ч, воздух Нагрев 1100°С, 5 ч, воздух Старение 840°С, 24 ч, воздух | ø 90 | 20 | 850 | 950 | 5 | — | 9,8 | — | — | — |
| | | | 900 | — | — | — | — | — | — | — | 245 |

Назначение. Для литья лопаток ГТУ с монокристаллической структурой и интегральных колес турбонаддува дизелей.

| Условия испытания | | | Предел выносливости, Н/мм ² , при t, °С | | | Малоцикловая выносливость | | |
|-------------------|---|---------------------|--|-----|-----|------------------------------------|--|-----------------------|
| Тип образца | Цикл | N | 20 | 750 | 850 | Максимальная температура цикла, °С | Размах упруго-пластической деформации, Δε, % | N |
| Гладкие | симметричный | 2 × 10 ⁷ | 220 | 295 | 275 | 850 | 1,3 | 5 × 10 ³ |
| | | | | | | | 1,20 | 6 × 10 ³ |
| С надрезом | асимметричный ($\sigma_{ст.} = 150$ Н/мм ²) | 2 × 10 ⁷ | — | — | 205 | | 1,15 | 1 × 10 ⁴ |
| | | | | | | | 1,1 | 1,3 × 10 ⁴ |

| ХН58ВКМТЮБЛ (ЦНК 8МП) | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------|----------------------------|---|-------|---------------------------------------|---|----------------------|---|------|------|
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | Жаростойкость | | | | | | | |
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | КСУ, Дж/см ² | Среда | t, °С | Глубина коррозии ¹ , мм | Суммарная глубина коррозии ² , мм | База испытаний, ч | | | |
| t, °С | τ , ч | | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 1020 | 1170 | 12,2 | 35 | Расплав ³ : NaCl – 25% + + Na ₂ SO – 75% | 850 | 0,058 | — | 100 | | | |
| 700 | 3000 | 950 | 1190 | 13,5 | — | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 16–18%, CO ₂ – 2–3%, H ₂ O – 4–6%, N ₂ – остальное; с обмзкой: NaCl – 3,0%, Na ₂ SO ₄ – 40%, и другие окислы | 850 | — | 0,16 | 1000 | | | |
| 800 | 3000 | 925 | 1095 | 12,5 | 31 | | | | | | — | 0,22 | 3000 |
| 850 | 3000 | 810 | 1085 | 13,0 | 37 | | | | | | ¹ Глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.2 и 6.1.1. | | |
| Образцы с монокристаллической структурой ориентации < 100 >. | | | | | | ² Суммарная глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.5 и 6.1.3. | | | | | | | |
| | | | | | | ³ Данные МГУ им. Ломоносова. | | | | | | | |

Технологические характеристики

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Пайка | Температура, °С | | | | |
|--|---|---|-----------------|----------|---------------------------------|---------|-------|
| | | | Ликвидуса | Солидуса | Перегрева металла при плавнении | Заливки | Формы |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | В исходном состоянии при $\sigma_b = 1170$ Н/мм ² $K_v = 0,02$ (твердый сплав) | Диффузионно-активированная пайка осуществляется спецприпоями; режим пайки совмещается с режимом термообработки сплава | Ликвидуса | Солидуса | Перегрева металла при плавнении | Заливки | Формы |
| | | | 1374 | 1311 | — | — | — |

| ХН60КВМЮТЛ (ЦНК 7П) | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------|----------------------------|---|-------------------|--|-------------------------|
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | Жаростойкость | | | |
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | КСУ, Дж/см ² | Среда | t, °С | Суммарная глубина коррозии ¹ , мм | База испытаний, ч |
| t, °С | τ , ч | | | | | | | | |
| Образцы с направленной структурой | | | | | | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 16–18%, CO ₂ – 2–3%, H ₂ O – 4–6%, N ₂ – остальное | 750 800 850 | 0,05 0,072 0,091 | 5000 5000 5000 |
| Исходное состояние | | 880 | 970 | 7,7 | 28 | | | | |
| 700 | 3000 | 900 | 960 | 3,5 | 20 | | | | |
| 800 | 3000 | 860 | 920 | 6,0 | 23 | | | | |
| 850 | 3000 | 840 | 910 | 5,0 | 25 | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 16–18%, CO ₂ – 2–3%, H ₂ O – 4–6%, N ₂ – остальное; с обмазкой: NaCl – 3,0%, Na ₂ SO ₄ – 75%, и другие окислы | 750 800 850 | 0,18 0,27 0,44 | 5000 5000 5000 |
| Образцы с равноосной структурой | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 800 | 925 | 6,4 | 25 | | | | |
| 700 | 3000 | 870 | 930 | 3,0 | 13 | | | | |
| 800 | 3000 | 750 | 850 | 3,5 | 13 | ¹ Суммарная глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.5 и 6.1.3. | | | |
| 850 | 3000 | 720 | 820 | 7,0 | 14 | | | | |

Технологические характеристики

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Пайка | Температура, °С | | | | |
|--|--|--|-----------------|---------------|---------------------------------------|---------|-------|
| | | | Ликви- дуса | Соли- дуса | Перегрева металла при плавлении | Заливки | Формы |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | В исходном состоянии при $\sigma_b = 970$ Н/мм ² $K_v = 0,02$ (твердый сплав) | Диффузионно- активированная пайка осуществляется спецприпоями; режим пайки совмещается с режимом термообработки сплава | | | | | |
| | | | 1365 | 1279 | — | — | — |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--|-------------------------|------------------------------------|------------------------------|---------|
| ХН60КВМЮТБЛ (ЦНК 21П) | | Литая прутковая шихтовая заготовка жаропрочного коррозионно-стойкого никелевого сплава, полученная вакуумно-индукционным методом — ТУ 1-801-288-91.Р2, ТУ 1-809-1079-98. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 1-809-1079-98 | | | | | | | | | | | |
| С | Mn | Cr | Co | Mo | W | Al | Ti | Nb | B | Ce | Ni |
| 0,05–0,10 | ≤ 0,30 | 20,0–22,0 | 10,0–11,5 | 1,00–1,20 | 2,00–2,60 | 2,10–2,70 | 3,00–3,80 | 0,50–0,90 | 0,008–0,015 | ≤ 0,02 | основа |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °С | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | |
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | σ , Н/мм ² | t, ч |
| | | | | не менее | | | | | | | |
| ТУ 1-801-288-91.Р2 | Образцы с равноосной структурой, залитые в холодные керамические формы. Без термообработки | ∅ 90 | 20 850 | 500 — | 700 — | 3 — | — — | 10 — | — — | — 225 | — 40 |
| ТУ 1-809-1079-98 | Образцы с равноосной структурой, залитые в горячие керамические формы. Закалка 1140°С, 3 ч, воздух Нагрев 1000°С, 2 ч, воздух Старение 840°С, 24 ч, воздух | ∅ 90 | 20 850 | 500 — | 700 — | 3 — | — — | 10 — | — — | — 225 | — 40 |
| Назначение. Для литых лопаток ГТУ с равноосной структурой и других деталей горячего тракта ГТУ и дизелей. | | | | | | | | | | | |
| Условия испытания | | | Предел выносливости, σ_{-1} , Н/мм ² , при t, °С | | | Малоцикловая выносливость | | | | | |
| Тип образца | Цикл | N | 20 | 800 | 850 | Максимальная температура цикла, °С | Размах упруго-пластической деформации, $\Delta \epsilon$, % | | N | | |
| Гладкие | симметричный | 2×10^7 | 185 | 290 | 275 | 850 | 0,42 0,33 | | 5×10^3 1×10^4 | | |

| ХН60КВМЮТБЛ (ЦНК 21П) | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------|----------------------------|---|-------|---------------------------------------|---|----------------------|---|------|------|
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | Жаростойкость | | | | | | | |
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | КСУ, Дж/см ² | Среда | t, °С | Глубина коррозии ¹ , мм | Суммарная глубина коррозии ² , мм | База испытаний, ч | | | |
| t, °С | τ , ч | | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 625 | 836 | 7,3 | 16 | Расплав ³ : NaCl – 25% + + Na ₂ SO – 75% | 850 | 0,028 | — | 100 | | | |
| 700 | 3000 | 700 | 805 | 3,4 | 16 | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 16–18%, CO ₂ – 2–3%, H ₂ O – 4–6%, N ₂ – остальное; с обмзкой: NaCl – 3,0%, Na ₂ SO ₄ – 40%, и другие окислы | 850 | 0,006 | 0,10 | 1000 | | | |
| 800 | 3000 | 595 | 800 | 5,9 | 19 | | | | | | 0,022 | 0,35 | 3000 |
| 850 | 3000 | 560 | 785 | 7,7 | 18 | | | | | | ¹ Глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.2 и 6.1.1. | | |
| Образцы с равноосной структурой. | | | | | | ² Суммарная глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.5 и 6.1.3. | | | | | | | |
| | | | | | | ³ Данные МГУ им. Ломоносова. | | | | | | | |

Технологические характеристики

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Пайка | Температура, °С | | | | |
|--|--|--|-----------------|----------|---------------------------------|---------|-------|
| | | | Ликвидуса | Солидуса | Перегрева металла при плавлении | Заливки | Формы |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | В исходном состоянии при $\sigma_b = 836$ Н/мм ² $K_v = 0,02-0,03$ (твердый сплав) | Диффузионно-активированная пайка осуществляется спецприоями; режим пайки совмещается с режимом термообработки сплава | 1360 | 1261 | — | — | — |
| | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|------------------|----------------------|----------|-------------------|----|--------|------------------|------------------|
| ХН64ВМКЮТЛ (ЗМИ З) | | Шихтовая заготовка — ТУ 108.1119-82. Лопатки — ТУ 481.981.6.00009. | | | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 481.981.6.00009 (ЗМИ ЗУ) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| С | Si | Mn | S | P | Cr | Co | W | Mo | Ti ¹ | Al ¹ | Ni | B | Zr | Fe | La | Y |
| 0,07–0,15 | ≤ 0,40 | ≤ 0,30 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 12,5–14,0 | 4,00–6,00 | 6,50–8,00 | 0,50–1,25 | 4,00–5,50 | 2,80–4,00 | ос-но-ва | По рас-чету 0,015 | — | ≤ 1,50 | По рас-чету 0,01 | По рас-чету 0,03 |
| ¹ Сумма Al и Ti должна быть равна 7,5–8,5%. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °С | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | | | | | | |
| | | | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | σ, Н/мм ² | τ, ч | | | | | |
| | | | | не менее | | | | | | | не менее | | | | | |
| ТУ 108.1119-82 | Закалка 1160°С, 4 ч, охлаждение с печью до 1050°С, 4 ч, охлаждение на воздухе; отпуск 830°С, 24 ч, охлаждение на воздухе | φ 90 | 20 | 700 | 800 | 3 | — | 15 | — | — | — | | | | | |
| | | | 800 | 680 | 800 | 4 | — | — | 410 | 100 | | | | | | |
| | | | 850 | — | — | — | — | — | 330 | 100 | | | | | | |
| ТУ 481.981.6.00009 | Закалка 1180°С, 4 ч, охлаждение со скоростью 10–15°С/мин до 1050°С, 2 ч, охлаждение со скоростью 20–40°С/мин до открытия печи | Лопатки до нанесения покрытий | 20 | 716 ² | 834 | 3 | — | — | — | — | — | | | | | |
| | | | | 608 ³ | 706 | 2,5 | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | 800 | 686 ² | 784 | 3 | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | | 588 ³ | 666 | 2,5 | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | 900 | — | — | — | — | — | — | 216 ² | 40 | | | | | |
| | | | | — | — | — | — | — | — | 206 ³ | 40 | | | | | |
| | Нагрев до 1030°С, выдержка 2 ч, охлаждение со скоростью 20–40°С/мин | Лопатки с покрытиями | 20 | 686 ² | 784 | 3 | — | — | — | — | — | | | | | |
| | | | | 608 ³ | 706 | 2,5 | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | 800 | 637 ² | 784 | 3 | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | | 588 ³ | 666 | 2,5 | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | 900 | — | — | — | — | — | — | 216 ² | 40 | | | | | |
| | | | | — | — | — | — | — | — | 206 ³ | 40 | | | | | |
| Старение 850°С, 16 ч, охлаждение со скоростью 20–40°С/мин | | | 20 | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | 800 | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| | | | 900 | — | — | — | — | — | — | 216 ² | 40 | | | | | |
| | | | — | — | — | — | — | — | 206 ³ | 40 | | | | | | |

² Отдельно отлитые образцы.³ Образцы, изготовленные из лопаток.

ХН64ВМКЮТЛ (ЗМИ 3)

Назначение. Литые лопатки высокотемпературных газовых турбин.

| Условия испытания | | | Предел выносливости, Н/мм ² , при t, °С | | | Малоцикловая выносливость | | |
|-------------------|--------------|-----------------|--|-----|-----|------------------------------------|--|-------------------|
| Тип образца | Цикл | N | 20 | 700 | 800 | Максимальная температура цикла, °С | Размах упруго-пластической деформации, Δε, % | N |
| Гладкие | симметричный | 10 ⁷ | 291 | 332 | 403 | 900 | 0,58 | 1×10 ³ |
| С надрезом | симметричный | 10 ⁷ | 213 | 268 | 325 | | 0,42 | 5×10 ³ |
| Гладкие | симметричный | 10 ⁸ | 222 | 253 | 257 | | 0,34 | 1×10 ⁴ |
| С надрезом | симметричный | 10 ⁸ | 150 | 199 | 169 | | 0,2 | 4×10 ⁴ |

Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения

Жаростойкость

| Режим старения | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | КСУ, Дж/см ² | Среда | t, °С | Глубина коррозии ⁴ , мм | Суммарная глубина коррозии ⁵ , мм | База испытаний, ч | | | | | |
|--------------------|------|--------------------------------------|------------------------------------|------|-------------------------|--|-------|------------------------------------|--|-------------------|--|-------|-------|------|------|
| t, °С | τ, ч | | | | | | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 785 | 905 | 4,5 | 21 | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 16–18%, CO ₂ – 2–3%, H ₂ O – 4–6%, N ₂ – остальное; с обмазкой: NaCl – 0,4%, Na ₂ SO ₄ – 1,3% и другие окислы | 850 | 0,0025 | 0,037 | 1000 | | | | | |
| 700 | 3000 | 880 | 950 | 3,0 | — | | | | | | | | | | |
| 750 | 3000 | 810 | 870 | 2,0 | 13 | | | | | | Продукты сгорания газотурбинного топлива: воздух; обмазка: V ₂ O ₅ – 1,8%, Na ₂ SO ₄ – 66,2% и другие окислы | 800 | 0,026 | — | 1000 |
| 800 | 3000 | 750 | 860 | 2,7 | 13 | | | | | | 850 | 0,043 | — | 1000 | |
| 850 | 3000 | 705 | 800 | 3,4 | 15 | | | | | | ⁴ Глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.2 и 6.1.1. | | | | |
| 900 | 5000 | 590 | 810 | 6,2 | 20 | ⁵ Суммарная глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.5 и 6.1.3. | | | | | | | | | |

Технологические характеристики

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Пайка | Температура, °С | | | | |
|--|---|---|-----------------|----------|---------------------------------|-----------|---------|
| | | | Ликвидуса | Солидуса | Перегрева металла при плавнении | Заливки | Формы |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | В закаленном и отпущенном состоянии при σ _в = 800 Н/мм ² K _v = 0,05 (твердый сплав) | Технологичен при диффузионно-активированной пайке. Припой: ВПР–11–40Н, ВПР–25, ВПР–22 | 1335 | 1220 | 1600 | 1540–1560 | 800–850 |
| | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|-----------------|------------------------------------|---|--------------|------------|-------------------------|------------|------------------------------|-----------|------------------|-----------------|
| ХН65ВМТЮЛ (ЭИ 893Л) | | Отливки — ТУ 108.02.104–84, ТУ 108.01.053–85, ТУ 108.02.046–82, ТУ 108.02.042–82, ТУ 108.02.036–81, ТУ 108.2.01.131–75, ТУ 108.02.010–76. Шихтовая заготовка (ПШЗ) — ТУ 108.1109–82. | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.01.053–85 | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | Fe | W | Ti | Al | Ce | B |
| ≤ 0,05 | ≤ 0,60 | ≤ 0,50 | ≤ 0,012 | ≤ 0,015 | 15,0–17,0 | основа | 3,50–4,50 | ≤ 3,00 | 8,50–10,00 | 1,30–1,60 | 1,40–1,70 | По расчету 0,025 | По расчету 0,01 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °C | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | | | |
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | σ , Н/мм ² | t, ч | | |
| | | | | не менее | | | | | | | | не менее | |
| ТУ 108.1109–82 | Нагрев, 1180°C, 4 ч, воздух Старение 850°C, 16 ч, воздух | ≥ 90 | 20 | 461 | 581 | 14 | 14 | 28 | — | — | — | | — |
| 750 | | | — | — | — | — | — | — | 314 | 100 | | | |
| 800 | | | — | — | — | — | — | — | 235 | 100 | | | |
| ТУ 108.01.053–85 | | Лопатки | 700 | 20 | 460 | 590 | 14 | — | 29 | — | — | — | |
| ТУ 108.02.104–84 | | | | 700 | — | — | — | — | — | — | 390 | 100 | |
| ТУ 108.02.042–82 | | | | 20 | 440 | 590 | 13 | — | 29 | — | — | — | |
| | | | | 750 | 390 | 410 | 10 | — | — | — | — | — | |
| ТУ 108.2.01.131–75 | | | | 20 | 440 | 590 | 13 | — | 29 | — | — | — | |
| | | | | 700 | — | — | — | — | — | — | — | 390 | 100 |
| ТУ 108.02.036–81 | | 20 | 440 | 590 | 13 | — | 29 | — | — | — | | | |

ХН65ВМТЮЛ (ЭИ 893Л)

Назначение. Литые лопатки, сегменты и другие детали газовых турбин, работающих при температуре до 750°C.

| Условия испытания | | | Предел выносливости, Н/мм ² , при t, °C | | Малоцикловая выносливость | | |
|-------------------|--------------|-----------------|--|-----|------------------------------------|--|---|
| Тип образца | Цикл | N | 20 | 750 | Максимальная температура цикла, °C | Размах упруго-пластической деформации, Δε, % | N |
| Гладкие | симметричный | 10 ⁷ | 314 | 240 | — | — | — |
| С надрезом | симметричный | 10 ⁷ | — | 182 | | | |

| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | Жаростойкость | | | |
|--|--------|--------------------------------------|------------------------------------|------|-------------------------|---|---------|----------------------|-------------------|
| Режим старения | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | КСУ, Дж/см ² | Среда | t, °C | Глубина коррозии, мм | База испытаний, ч |
| t, °C | τ, ч | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 493 | 726 | 23 | 93 | Воздух | 500 | 0,00018 | 500 |
| 600 | 10000 | 640 | 850 | 12,5 | 35 | | 550 | 0,00031 | |
| 650 | 10000 | 590 | 780 | 14,0 | 40 | | 650 | 0,0006 | |
| | | | | | | | 700 | 0,0006 | |
| | | | | | | | 750 | 0,00085 | |
| 800 | 10000 | 580 | 770 | 13,5 | 24 | 800 | 0,00086 | | |
| 750 | 10000 | 560 | 740 | 12,0 | 22 | Продукты сгорания газотурбинного топлива: воздух; обмазка, содержащая V ₂ O ₅ – 1,8%, Na ₂ SO ₄ – 66,2% и другие окислы | 500 | 0,0004 | 500 |
| | | | | | | | 550 | 0,00055 | |
| | | | | | | | 600 | 0,00125 | |
| | | | | | | | 650 | 0,0015 | |
| | | | | | | | 700 | 0,0026 | |
| 750 | 0,0048 | | | | | | | | |
| 800 | 10000 | 450 | 730 | 18,0 | 60 | | 800 | 0,00125 | |
| 850 | 10000 | 400 | 660 | 18,0 | — | | | | |

Технологические характеристики

| | | | | | |
|---|-----|-----------------------------|-----|---|---|
| Температура начала затвердевания сплава, °C | — | Жидкотекучесть, мм | 430 | Склонность к образованию усадочной раковины | — |
| Линейная усадка, % | 1,9 | Показатель трещиностойкости | — | Склонность к образованию усадочной пористости | — |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Температура, °C | | | | |
|--|--|-----------------|----------|---------------------------------|-----------|-------|
| | | Ликвидуса | Солидуса | Перегрева металла при плавлении | Заливки | Формы |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | В термообработанном состоянии при σ _b = 580 Н/мм ² K _v = 0,1 (твердый сплав), K _v = 0,05 (быстрорежущая сталь) | 1415 | 1360 | 1580–1600 | 1460–1540 | 950 |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|----------------------------------|---------------|------------------------------------|--|-------------|--|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|--------|
| ХН65КМВИЮТЛ (ЖС 6К) | | Паспортная шихтовая заготовка (ПШЗ) — ТУ 108.1109–82. Отливки лопаток: равноосное литье (РС) — ТУ 108.02.104–84, ТУ 108.01.053–85, ТУ 24.2.08.125–75, ТУ 108.01.057–86; направленная кристаллизация (НК) — ТУ 108.02.068–82, ТУ 108.17.133–84, ТУ 108.02.132–88. | | | | | | | | | | | | | |
| | | Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.01.053–85 | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Co | W | Mo | Ti | Al | B | Ce | Zr | Fe |
| 0,13–0,18 | ≤ 0,40 | ≤ 0,40 | ≤ 0,015 | ≤ 0,015 | 9,50–12,50 | основа | 4,00–5,50 | 4,50–5,50 | 3,50–4,50 | 2,50–3,20 | 5,00–6,00 | По расчету 0,01 | По расчету 0,015 | По расчету 0,03 | ≤ 2,00 |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.02.068–82 | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Co | W | Mo | Ti | Al | B | Ce | Zr | Fe |
| 0,13–0,17 | ≤ 0,40 | ≤ 0,40 | ≤ 0,015 | ≤ 0,015 | 9,50–12,50 | основа | 4,00–5,50 | 4,50–5,50 | 3,50–4,50 | 2,50–3,20 | 5,00–6,00 | По расчету 0,01 | По расчету 0,015 | По расчету 0,03 | ≤ 2,00 |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °C | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | | | | | |
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_{B} , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | σ , Н/мм ² | τ , ч | | | | |
| | | | | не менее | | | | | | | | не менее | | | |
| ТУ 108.1109–82 | Равноосное литье. Закалка, 1215°C, 4 ч, воздух | ∅ 90 | 20 800 900 | 800 — — | 930 — — | 2,5 — — | 3,0 — — | 14,7 — — | — — — | — 490 265 | — 100 100 | | | | |
| ТУ 108.01.057–86 | Равноосное литье. Закалка, 1215°C, 4 ч, воздух | Лопатки | 20 | 780 | 880 | 2,5 | — | — | — | — | — | | | | |
| ТУ 108.01.053–85 | | | 800 | — | — | — | — | — | — | — | 490 | 100 | | | |
| ТУ 108.02.104–84 | | | 20 | 726 | 785 | 5 | — | — | — | — | — | — | — | | |
| ТУ 108.02.068–82 ¹ | Направленная кристаллизация. Закалка, 1210°C, 4 ч, воздух | Лопатки | 20 800 | 726 — | 785 — | 5 — | — — | — — | — — | 14,7 — | — — | — 481 | — 100 | | |
| ТУ 108.17.133–84 ¹ | Направленная кристаллизация. Закалка, 1215°C, 4 ч, воздух | Лопатки | 20 | 726 | 785 | 5 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| ТУ 108.02.132–88 | | | 800 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 481 | 100 |
| ¹ Окончательно обработанные лопатки должны проходить контрольные испытания на усталостную прочность. Лопатки не должны разрушаться через 10 ⁷ циклов при симметричном цикле нагружения с напряжением не менее 168 Н/мм ² по ТУ 108.02.068–82 и с напряжением 132 Н/мм ² по ТУ 108.17.133–84 при температуре 750°C. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Термостойкость при циклическом нагреве и охлаждении клиновидных образцов (время цикла 1 мин.) [4] | | | | | | | | | | | | | | | |
| T _{мин} , °C | | T _{макс} , °C | | Среднее число теплосмен до появления трещины длиной 3 мм | | | | | | | | | | | |
| 200 | | 900 | | 675 | | | | | | | | | | | |
| 450 | | 900 | | 3235 | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Цельнолитые роторы, длительно работающие при температуре, не превышающей 1030°C. Литые лопатки с равноосной и направленной структурой для высокотемпературных газовых турбин. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Условия испытания | | | Предел выносливости, σ_{-1} , Н/мм ² , при t, °C | | | | Малоцикловая выносливость | | | | | | | | |
| Тип образца | Цикл | N | 20 | 800 | 850 | 900 | Максимальная температура цикла, °C | Размах упруго-пластической деформации, $\Delta \epsilon$, % | | N | | | | | |
| Равноосная структура, гладкие | симметричный | 10 ⁷ | 270 | 290–310 | — | 300 | 850 | 0,82 | | 1×10 ³ | | | | | |
| Направленная структура, гладкие | симметричный | 10 ⁷ | — | — | 320 | 300 | | 0,8 0,68 | | 4×10 ³ 1×10 ⁴ | | | | | |

| ХН65КМВИЮТЛ (ЖС 6К) | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------|----------------------------|--|-------|---|-------------------------|
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | Жаростойкость | | | |
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ККУ, Дж/см ² | Среда | t, °С | Суммарная глубина коррозии ² , мм | База испытаний, ч |
| t, °С | τ , ч | | | | | | | | |
| Образцы с равноосной структурой | | | | | | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 16–18%, CO ₂ – 2–3%, H ₂ O – 4–6%, N ₂ – остальное | 800 | 0,017 | 1000 |
| Исходное состояние | | 900–920 | 1000–1040 | 3,0–6,0 | 15–50 | | | 0,025 | 2500 |
| 800 | 10000 | 840 | 960 | 1,7 | 9 | | 850 | 0,041 | 1000 |
| 850 | 10000 | 730 | 890 | 3,5 | 9 | | | | |
| 900 | 10000 | 690 | 890 | 4,3 | 12 | | | | |
| 950 | 10000 | 640 | 870 | 3,5 | 26 | | | | |
| Образцы с направленной структурой продольные | | | | | | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 16–18%, CO ₂ – 2–3%, H ₂ O – 4–6%, N ₂ – остальное; с обмазкой: NaCl – 3%, Na ₂ SO ₄ – 40% и другие окислы | 750 | 0,043 | 1000 |
| Исходное состояние | | 820–870 | 1000–1100 | 9,0–18,0 | — | | | 0,086 | 3000 |
| 800 | 10000 | 820–840 | 990–1100 | 5,7–6,3 | — | | 800 | 0,26 | 1000 |
| 850 | 10000 | 820–840 | 960–980 | 7,3–8,1 | — | | | | |
| 900 | 10000 | 720–730 | 880–900 | 7,9–8,7 | — | | | | |
| 950 | 10000 | 630–650 | 850–880 | 8,2–9,3 | — | | | | |
| Образцы с направленной структурой поперечные | | | | | | Продукты сгорания газотурбинного топлива: O ₂ – 15–17%, CO ₂ – 6–8%, SO ₂ – 0,05–0,1%, H ₂ O – 6%, N ₂ – остальное; с обмазкой: V ₂ O ₅ – 2,6%, Na ₂ SO ₄ – 21,7% и другие окислы | 850 | 1,11 | 800 |
| Исходное состояние | | 790 | 805 | 2,6 | — | | | | |
| 800 | 10000 | 820 | 930 | 2,5 | — | | | | |
| 850 | 10000 | 770 | 870 | 3,0 | — | | | | |
| 900 | 10000 | 730 | 810 | 3,5 | — | | | | |
| 950 | 10000 | 630 | 760 | 4,6 | — | | | | |

² Суммарная глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 пп. 5.5 и 6.1.3.

Технологические характеристики

| | | | | | |
|---|-----|-------------------------------|---|---|---|
| Температура начала затвердевания сплава, °С | — | Жидкотекучесть | — | Склонность к образованию усадочной раковины | — |
| Линейная усадка, % | 1,5 | Показатель трещиностойчивости | — | Склонность к образованию усадочной пористости | — |
| Объемная усадка, % | 6 | | | | |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Пайка | Температура, °С | | | | |
|---|---|---|-----------------|----------|---------------------------------|---------|-------|
| | | | Ликвидуса | Солидуса | Перегрева металла при плавлении | Заливки | Формы |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | В термообработанном состоянии при $\sigma_s = 1000$ Н/мм ² $K_v = 0,07$ (твердый сплав) | Применяется контактно-реактивная и капиллярная пайка. | — | — | — | — | — |
| | | | 1335 | 1280 | — | — | — |

| | |
|-------------------------------------|---|
| Марка сплава | Вид поставки |
| ХН65ВКМБЮТЛ (ЭИ 539.ЛМУ) | Шихтовая заготовка — ТУ 108.1118–82. Лопатки — ТУ 108.02.058–82, ТУ 108.02.059–82. |

Массовая доля элементов¹, %, по ТУ 108.02.058–82

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|---------|---------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|------------------|------------------|--------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Co | W | Mo | Nb | Ti | Al | Ce | Y | B | Fe |
| 0,08–0,14 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,010 | ≤ 0,015 | 15,7–17,1 | ос-но-ва | 4,00–6,00 | 3,50–5,00 | 1,50–2,40 | 1,20–1,80 | 2,20–3,00 | 3,20–4,00 | По рас-чету 0,02 | По рас-чету 0,04 | По рас-чету 0,02 | ≤ 1,00 |

¹ Сумма Ti и Al должна быть равна 5,6–6,4%.

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испы-тания, °С | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | |
|------------------|---|-------------|---------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----------------------|----------|
| | | | | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | σ, Н/мм ² | τ, ч |
| | | | | не менее | | | | | | | не менее |
| ТУ 108.1118–82 | Закалка 1180°С, 4 ч, охлаждение с печью до 1050°С, 4 ч, воздух; старение 850°С, 24 ч, воздух | ø 90 | 20 | — | 784 | 3 | — | 15 | — | — | — |
| | | | 800 | — | — | — | — | — | 412 | 100 | |
| | | | 850 | — | — | — | — | — | 294 | 100 | |
| ТУ 108.02.058–82 | Закалка 1180°С, 4 ч, охлаждение с печью до 900°С, в течение 1,5–2,0 ч, далее на воздухе; старение 850°С, 20 ч, воздух | Лопатки | 20 | — | 726 | 3 | — | — | — | — | — |
| | | | 850 | — | — | — | — | — | 294 | 100 | |
| ТУ 108.02.059–82 | Закалка 1180°С, 4 ч, охлаждение с печью до 1050°С, 4 ч, воздух; старение 850°С, 24 ч, воздух | Лопатки | 20 | — | 784 | 3 | — | — | — | — | — |
| | | | 850 | — | — | — | — | — | 294 | 100 | |

Назначение. Литые лопатки газовых турбин.

| Условия испытания | | | Предел выносливости, σ ₋₁ , Н/мм ² , при t, °С | | | Малоцикловая выносливость | | |
|-------------------|------|---|--|-----|-----|------------------------------------|--|-------------------|
| Тип образца | Цикл | N | 20 | 700 | 800 | Максимальная температура цикла, °С | Размах упруго-пластической деформации, Δε, % | N |
| — | — | — | — | — | — | 800 | 0,5 | 1×10 ³ |
| | | | | | | | 0,4 | 3×10 ³ |
| | | | | | | | 0,34 | 1×10 ⁴ |
| | | | | | | | 0,28 | 3×10 ⁴ |

| ХН65ВКМБЮТЛ (ЭИ 539ЛМУ) | | | | | | | | | | |
|--|------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------|----------------------------|--|-------|---------------------------------------|---|----------------------|
| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | | Жаростойкость | | | | |
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | КСУ, Дж/см ² | Среда | t, °С | Глубина коррозии ² , мм | Суммарная глубина коррозии ³ , мм | База испытаний, ч |
| t, °С | t, ч | | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 730 | 856 | 4,5 | 21 | Продукты сгорания природного газа: O ₂ – 16–18%, CO ₂ – 2–3%, H ₂ O – 4–6%, N ₂ – остальное; с обмзкой: NaCl – 3,0%, Na ₂ SO ₄ – 40% и другие окислы | 800 | — | 0,1 | 1000 |
| 700 | 3000 | 820 | 870 | 1,8 | 10 | Продукты сгорания природного газа: воздух с обмзкой: NaCl – 3,0%, Na ₂ SO ₄ – 40% и другие окислы | 800 | 0,015 | — | 1000 |
| 800 | 3000 | 650 | 750 | 2,5 | 10 | Продукты сгорания газотурбинного топлива: воздух с обмзкой: V ₂ O ₅ – 1,8%, Na ₂ SO ₄ – 66,2% и другие окислы | 800 | 0,0035 | — | 1000 |
| 850 | 3000 | 660 | 780 | 3,2 | 11 | ² Глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.2 и 6.1.1. | | | | |
| 900 | 5000 | 640 | 740 | 2,4 | 15 | ³ Суммарная глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.5 и 6.1.3. | | | | |

Технологические характеристики

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Температура, °С | | | | |
|--|---|-----------------|----------|---------------------------------|-----------|----------|
| | | Ликвидуса | Солидуса | Перегрева металла при плавлении | Заливки | Формы |
| Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ. | В состоянии закалки и отпуска при $\sigma_b = 800$ Н/мм ² K _v = 0,05 (твердый сплав) | | | | | |
| | | 1330 | 1250 | — | 1450–1500 | 900–1050 |

| | |
|---------------------------------|---|
| Марка сплава | Вид поставки |
| ХН70КВМЮТЛ (ЦНК 17П) | Литая прутковая шихтовая заготовка жаропрочного коррозионно-стойкого никелевого сплава, полученная вакуумно-индукционным методом — ТУ 1-801-288-91.Р2, ТУ 1-809-1079-98. |

Массовая доля элементов, %, по ТУ 1-809-1079-98

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|---------|--------|
| C | Cr | Co | Mo | W | Al | Ti | Nb | Fe | B | Ce | Ni |
| 0,10–0,15 | 12,8–14,0 | 1,00–1,70 | 0,70–1,40 | 3,00–3,70 | 4,00–4,60 | 5,00–5,60 | 0,30–0,70 | 0,50–2,00 | 0,010–0,015 | ≤ 0,025 | основа |

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | Сечение, мм | t испытания, °C | Кратковременные свойства | | | | | | Длительная прочность | |
|--------------------|--|-------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--------|------------------------------|---------|
| | | | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | σ , Н/мм ² | t, ч |
| | | | | не менее | | | | | | | |
| ТУ 1-801-288-91.Р2 | Образцы с равноосной структурой, залитые в холодные керамические формы. Без термообработки | ∅ 90 | 20 900 | 686 — | 883 — | 3 — | — — | 9,8 — | — — | — 196 | — 40 |
| ТУ 1-809-1079-98 | Образцы с равноосной структурой, залитые в горячие керамические формы. Без термообработки | ∅ 90 | 20 900 | 686 — | 883 — | 3 — | — — | 9,8 — | — — | — 196 | — 40 |

Назначение. Для литья лопаток ГТУ с равноосной структурой, лопаток ГТУ и интегральных колес турбонаддува дизелей и других деталей горячего тракта ГТУ.

| Условия испытания | | | Предел выносливости, σ_{-1} , Н/мм ² , при t, °C | Термическая усталость интегральных колес | |
|-------------------|--------------|-----------------|--|--|-----------|
| Тип образца | Цикл | N | 750 | Условия испытания | |
| | | | 280 | N | |
| Гладкие | симметричный | 2×10^7 | | 80 тыс. обор/мин при 800°C; 3 мин | 2000–5000 |
| | | | | ↓↑ | |
| | | | | 57 тыс. обор/мин при 400°C; 3 мин | |

| Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения | | | | | Жаростойкость | | | | |
|--|------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|-------|-------|----------------------|-------------------|
| Режим старения | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | KCU, Дж/см ² | Среда | t, °C | Глубина коррозии, мм | База испытаний, ч |
| t, °C | t, ч | | | | | | | | |
| Исходное состояние | | 717 | 850 | 7,0 | 31 | | | | |
| 700 | 500 | 841 | 915 | 3,3 | 27 | — | — | — | — |
| 700 | 1000 | 868 | 905 | 3,3 | 23 | | | | |
| Образцы с равноосной структурой без термообработки. | | | | | | | | | |

Технологические характеристики

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием | Пайка | Температура, °C | | | | |
|---|--|-------|-----------------|----------|---------------------------------|---------|-------|
| | | | Ликвидуса | Солидуса | Перегрева металла при плавлении | Заливки | Формы |
| Удовлетворительно свариваемый. Способ сварки: трением. Трудно свариваемый. Способ сварки: РАД. | В исходном состоянии при $\sigma_b = 850$ Н/мм ² $K_v = 0,02-0,03$ (твердый сплав) | — | | | | | |
| | | | 1330 | 1242 | — | — | — |

Раздел 5. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | Марка сплава | | |
|--|---|---|-------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| АД, АД00, АД0, АД1 | | Плиты — ГОСТ 17232–99. Трубы — ГОСТ 18482–79. Сортовой прокат — ГОСТ 21488–97. Листы — ГОСТ 21631–76. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4784–97 | | | | | | | | | | | |
| Al | Cu | Mg | Mn | Fe | Si | Zn | Ti | | | | |
| ≥ 98,8 | ≤ 0,10 | ≤ 0,10 | ≤ 0,10 | ≤ 0,50 | ≤ 0,50 | ≤ 0,10 | ≤ 0,15 | | | | |
| ≥ 99,7 | ≤ 0,015 | ≤ 0,02 | ≤ 0,02 | ≤ 0,16 | ≤ 0,16 | ≤ 0,07 | ≤ 0,05 | | | | |
| ≥ 99,5 | ≤ 0,02 | ≤ 0,05 | ≤ 0,025 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,10 | ≤ 0,10 | | | | |
| ≥ 99,3 | ≤ 0,05 | ≤ 0,05 | ≤ 0,025 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,10 | ≤ 0,15 | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 17232–99 | Без термической обработки | | | Плита толщина от 11 до 25 | не менее | | | | | | |
| | | | | | Поперек направления прокатки | | | | | | |
| | | | | Свыше 25 до 80 | — | 64 | 15 | — | — | — | — |
| Примечания. | | | | | | | | | | | |
| 1. Механические свойства плит должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице. | | | | | | | | | | | |
| 2. Для контроля механических свойств плит от партии отбирают: не менее 10% плит — для контроля временного сопротивления (σ_b) и относительного удлинения (δ). | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства обеспечиваются технологией изготовления и проверяются по требованию потребителя. | | | | | | | | | | | |
| При получении неудовлетворительных результатов испытаний механических свойств хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторные испытания на удвоенной выборке, отобранной от той же партии. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию. | | | | | | | | | | | |
| Допускается изготовителю проводить сплошной контроль качества плит. | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18482–79 | Без термической обработки | | | Трубы всех толщин | не менее | | | | | | |
| | | | | | Образцы при испытании — отожженные | | | | | | |
| — | 60 | 20 | — | — | — | — | — | | | | |
| Примечания. | | | | | | | | | | | |
| 1. Для проверки механических свойств труб, изготавливаемых в отрезках, отбирают две трубы от партии. | | | | | | | | | | | |
| Проверку механических свойств труб из алюминия марок АД00, АД1, АД без термической обработки не проводят. | | | | | | | | | | | |
| 2. Для проверки макроструктуры толстостенных труб отбирают 1% труб от партии, но не менее чем две трубы. | | | | | | | | | | | |
| При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторное испытание на удвоенной выборке, взятой от той же партии. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию. | | | | | | | | | | | |
| Допускается изготовителю проводить поштучный контроль труб. | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 21488–97 | Без термической обработки АД0, АД1 (горячепрессованный пруток) | | | Прутки \varnothing от 5,0 до 300 | не менее | | | | | | |
| | | | | | — | 59 | 25 | — | — | — | — |
| Примечания. | | | | | | | | | | | |
| 1. Механические свойства прутков диаметром свыше 300 мм не регламентируются. | | | | | | | | | | | |
| 2. Механические свойства прутков нормальной прочности из алюминия марок АД0, АД1 предприятием-изготовителем не контролируются. | | | | | | | | | | | |

| АД, АД00, АД0, АД1 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|---|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 21631-76 | Состояние материала листов и обозначение | | | Толщина | | | | | | | |
| | Отожженные | | | 0,3-0,5 | — | 60 | 20 | — | — | — | — |
| | | | | 0,5-0,9 | — | 60 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | 0,9-10,5 | — | 60 | 30 | — | — | — | — |
| | Полунагартованные | | | 0,8-4,5 | — | 100 | 6 | — | — | — | — |
| | Нагартованные | | | 0,3-0,8 | — | 145 | 3 | — | — | — | — |
| | | | | 0,8-3,5 | — | 145 | 4 | — | — | — | — |
| 3,5-10,5 | | | | — | 130 | 5 | — | — | — | — | |
| Без термической обработки | | | 5,0-10,5 | — | 70 | 15 | — | — | — | — | |

Примечания.

1. Механические свойства листов должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице.
2. Состояние образцов указывается если имеется разница между состоянием листов и испытанных образцов.
3. Контролю механических свойств при растяжении, в зависимости от состояния материала, подвергают 5% листов от партии, но не менее чем по одному листу от каждой партии, предъявленной к сдаче. Контролируются предел временного сопротивления (σ_b) и относительное удлинение (δ) образцов в полунагартованном состоянии.

При получении неудовлетворительных результатов испытания механических свойств, полученных хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве листов. При неудовлетворительных результатах повторных испытаний допускается поштучное испытание, результат которого является окончательным.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [41] | Отожженный | | | 1-10 | — | 59 | 28 | — | — | — | — |
| | Нагартованный | | | 4-10 | — | 127 | 5 | — | — | — | — |
| | Горячекатаный | | | 5-10,5 | — | 69 | 15 | — | — | — | — |

Назначение. Теплообменные аппараты.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 150°C (ПНАЭГ-7-008-89).

| Предел выносливости, Н/мм ² [42] | | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | Термообработка | |
|---|-------------|-------------|-------------------|----------------|---|---|-----|-----|-----|----------------|-----|
| σ_{-1} | τ_{-1} | τ_{cp} | N | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | | -80 |
| 35 | — | 55 | 2·10 ⁷ | Отожженные | — | — | — | — | — | — | — |
| 42-63 | — | — | 2·10 ⁷ | Нагартованные | — | — | — | — | — | — | — |

K_f=1; f=40 Гц.

Механические свойства (типичные) листов технического алюминия

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ_{10} , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | До 10 | 20 | 30 | 80 | 35 | 80 | — | — | 25 |
| | Нагартованные | | | | 20 | 100 | 150 | 6 | 60 | — | — | 32 |

Механические свойства алюминия АД1 при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Прессованный пруток | | | До 100 | 20 | 40 | 60 | 35 | — | — | — | — |
| | | | | | -70 | 45 | 100 | 45 | — | — | — | — |
| | | | | | -196 | 50 | 160 | 50 | — | — | — | — |
| | | | | | -253 | 55 | 280 | 45 | — | — | — | — |
| | | | | | -269 | 65 | 355 | — | — | — | — | — |

| АД, АД00, АД0, АД1 | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|-------------------|------------------|----------------------|---|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| Механические свойства листов из алюминия при различных температурах (после выдержки в течение 10000 ч) | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | До 10 | 20 | — | 80 | — | — | — | — | — |
| | | | | | 100 | — | 65 | — | — | — | — | |
| | | | | | 150 | — | 50 | — | — | — | — | |
| | | | | | 200 | — | 37 | — | — | — | — | |
| | | | | | 250 | — | 25 | — | — | — | — | |
| | | | | | 300 | — | 18 | — | — | — | — | |
| | | | | | 350 | — | 15 | — | — | — | — | |
| | Нагартованные | | | До 10 | 20 | — | 150 | — | — | — | — | — |
| | | | | | 100 | — | 135 | — | — | — | — | |
| | | | | | 150 | — | 110 | — | — | — | — | |
| | | | | | 200 | — | 40 | — | — | — | — | |
| | | | | | 250 | — | 27 | — | — | — | — | |
| | | | | | 300 | — | 23 | — | — | — | — | |
| | | | | | 350 | — | 15 | — | — | — | — | |
| Показатели штампуемости листов алюминия серии АД0 и АД1 при различных операциях формообразования | | | | | | | | | | | | |
| НД | Термообработка | Сечение, мм | Вытяжка | Отбортовка | Выдавка | Радиус при гибке на 90° | | | | | | |
| | | | K _{выт} | K _{отб} | K _{выд} , % | R _{мин} , мм | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | 1,8–1,9 | 1,4–1,5 | 18–22 | (0,3±0,5)·s | | | | | | |
| | Нагартованные | | 1,85–1,95 | 1,35–1,4 | 7–10 | (0,8±1,0)·s | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [42] | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | | Высокая коррозионная стойкость | | | | | | | | | | |
| Точечная | | Склонен | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Высокая стойкость к коррозионному растрескиванию | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | Материал не склонен к МКК | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [42] | | | | | | | | | | | | |
| Пластическая деформация | | | | | | | | | | | | |
| Обладает высокой технологической пластичностью. | | | | | | | | | | | | |
| Выдерживает холодную деформацию до 99%. | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обработываемость резанием | | | | | | |
| Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ | | | | | | Труднообрабатываемый материал вследствие высокой вязкости | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|--------------|--------|
| АМц | | Плиты — ГОСТ 17232–99. Трубы — ГОСТ 18482–79. Прутки прессованные — ГОСТ 21488–97. Листы — ГОСТ 21631–76. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4784–97 | | | | | | | | | | | | |
| Cu | | Mg | | Mn | | Fe | | Si | | Ti | | |
| ≤ 0,10 | | 1,00–1,60 | | ≤ 0,20 | | ≤ 0,70 | | ≤ 0,60 | | ≤ 0,20 | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 17232–99 | Без термической обработки | | | Плита толщина от 11 до 25 Свыше 25 до 80 | — | 118 | 15 | — | — | — | — | |
| | | | | | — | 108 | 12 | — | — | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 18482–79 | Без термической обработки Состояние материала при испытании — отожженный | | | Трубы Всех толщин | — | 100 | 12 | — | — | — | — | |
| | | | | | — | — | — | — | — | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 21488–97 | Без термической обработки | | | Пруток Ø от 5,0 до 350 | — | 100 | 20 | — | — | — | — | |
| | | | | | — | — | — | — | — | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 21631–76 | Состояние листов ----- Отожженные | | | 0,5–0,7 | — | 90 | 18 | — | — | — | — | |
| | | | | 0,7–3,0 | — | 90 | 22 | — | — | — | — | |
| | | | | 3,0–10,5 | — | 90 | 20 | — | — | — | — | |
| | Полунагартованные | | | 0,5–3,5 | — | 145 | 5 | — | — | — | — | |
| | | | | 3,5–4,0 | — | 145 | 6 | — | — | — | — | |
| | Нагартованные | | | До 0,5 | — | 185 | 1 | — | — | — | — | |
| | | | | 0,5–0,8 | — | 185 | 2 | — | — | — | — | |
| | | | | 0,8–1,2 | — | 185 | 3 | — | — | — | — | |
| | | | | 1,2–4,0 | — | 185 | 4 | — | — | — | — | |
| | Без термической обработки | | | 5,0–10,5 | — | 100 | 10 | — | — | — | — | |
| | НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | Размер зерна | |
| | | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Отжиг | 350 | Воздух | — | — | 155 | 9 | — | — | Очень крупное | | |
| | | | | | | | | | | Отжиг | 500 | Воздух |
| | Состав: 0,15% Fe; 0,20% Si | | | | | | | | | | | |
| | Отжиг | 350 | Воздух | — | — | 135 | 18 | — | — | Среднее | | |
| | | | | | | | | | | Отжиг | 500 | Воздух |
| | Состав: 0,15% Fe; 0,80% Si | | | | | | | | | | | |
| | Отжиг | 350 | Воздух | — | — | 125 | 24 | — | — | Среднее | | |
| | | | | | | | | | | Отжиг | 500 | Воздух |
| | Состав: 0,80% Fe; 0,20% Si | | | | | | | | | | | |

| АМц | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------|------------------------|-----------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|----------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------|
| Назначение. Сплав применяют для малонагруженных деталей (сварные баки, бензо- и маслопроводы и др.), для деталей, изготовленных глубокой вытяжкой в различных отраслях промышленности. | | | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [42] | | | Термообработка | Коррозионная стойкость [42] | | | | | | | | | |
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | |
| 100 | — | 5·10 ⁸ | Лист нагартованный | Общая | Коррозионная стойкость сплавов системы Al – Mn близка к коррозионной стойкости чистого алюминия, стойкость сварного шва такая же, как основного металла | | | | | | | | |
| 65 | — | 5·10 ⁸ | Лист полунагартованный | Точечная | | | | | | | | | |
| 50 | — | 5·10 ⁸ | Лист отожженный | Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | |
| K _t =1; f=40 Гц | | | Межкристаллитная | | | | | | | | | | |
| Гарантированные механические свойства полуфабрикатов | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | $\tau_{ср}$, Н/мм ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах | |
| [42] | Отожженные | | | Толщина | Листы | | | | | | | | |
| | | | | | 0,3–3,0 | — | 100–150 | 22 | — | — | — | — | |
| | | | | 3,0–6,0 | — | 100–150 | 20 | — | — | — | — | | |
| | Полунагартованные | | | 0,3–6,5 | — | 150–220 | 6 | — | — | — | — | | |
| | Нагартованные | | | 0,3–0,5 | — | 190 | 1 | — | — | — | — | | |
| | | | | 0,5–0,8 | — | 190 | 2 | — | — | — | — | | |
| | | | | 0,8–1,2 | — | 190 | 3 | — | — | 30 | — | | |
| | | | | 1,2–6,0 | — | 190 | 4 | — | — | 40 | — | | |
| | Отожженные | | | Всех размеров | Трубы | | | | | | | | |
| | | | | | — | ≤ 130 | — | — | — | — | — | — | |
| | Нагартованные | | | — | 140 | — | — | — | — | — | — | | |
| | Отожженные | | | | Профили всех размеров и прутки | | | | | | | | |
| | | | | | — | ≤ 170 | 16 | — | — | 160 | — | — | |
| | Прессованные | | | — | 170 | 16 | — | — | — | — | — | | |
| Без термической обработки | | | | Проволока для заклепок | | | | | | | | | |
| | | | | — | — | — | — | — | 70 | — | — | | |
| Горячекатаные | | | 11,0–25,0 | Плиты | | | | | | | | | |
| | | | | — | 120 | 15 | — | — | — | — | — | | |
| Механические свойства листов при различных температурах | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | $\tau_{ср}$, Н/мм ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее |
| [42] | Нагартованный Полунагартованный Отожженный | | | — | | Лист | | | | | | | |
| | | | | | | 20 | 180 | 200 | 5 | 50 | — | 110 | 55 |
| | | | | | | 20 | 130 | 170 | 10 | 55 | — | 100 | 40 |
| | Отожженные | | | Толщина 3 | | Листы | | | | | | | |
| | | | | | | 20 | — | 110 | 30 | — | — | — | — |
| | | | | | | 100 | — | 95 | 35 | — | — | — | — |
| | | | | | | 150 | — | 85 | 39 | — | — | — | — |
| | | | | | | 175 | — | 75 | 41 | — | — | — | — |
| | | | | | | 200 | — | 70 | 41 | — | — | — | — |
| | Без термической обработки | | | Толщина 25 | | Плита | | | | | | | |
| | | | | | | 20 | 120 | 150 | 24 | — | — | — | — |
| | | | | | | –196 | 155 | 300 | 34 | — | — | — | — |
| | | | | | | –253 | 170 | 445 | 33 | — | — | — | — |
| | | | | | | –269 | 175 | 450 | 27 | — | — | — | — |

| АМц | | Механические свойства при комнатной температуре после нагрева | | | | | | | | | | |
|------|--|---|----------------------|------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|----|----------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| [42] | Нагрев (лист отожжен- ный) | 20, 200 ч | Воздух | Толщина 3 | — | 90 | 40 | — | — | — | — | |
| | | 100, 200 ч | | | — | 85 | — | — | — | — | | |
| | | 150, 200 ч | | | — | 77 | — | — | — | — | | |
| | | 175, 200 ч | | | — | 66 | — | — | — | — | | |
| | | 200, 200 ч | | | — | 58 | — | — | — | — | | |
| | | 250, 200 ч | | | — | 44 | — | — | — | — | | |
| | | 300, 200 ч | | | — | 30 | — | — | — | — | | |
| | Нагрев (лист отожжен- ный) | 20, 10000 ч | Воздух | | — | 110 | 30 | — | — | — | — | — |
| | | 100, 10000 ч | | | — | 88 | — | — | — | — | — | |
| | | 150, 10000 ч | | | — | 80 | 39 | — | — | — | — | |
| | | 175, 10000 ч | | | — | 70 | 45 | — | — | — | — | |
| | | 200, 10000 ч | | | — | 65 | 41 | — | — | — | — | |
| | | 250, 10000 ч | | | — | 50 | 45 | — | — | — | — | |
| | | 300, 10000 ч | | | — | 40 | 40 | — | — | — | — | |
| | Нагрев (лист полунагар- тованный) | 20 | Воздух | | — | 170 | — | — | — | — | — | — |
| | | 100 | | | — | 160 | — | — | — | — | — | |
| | | 150 | | | — | 145 | — | — | — | — | — | |
| | | 200 | | | — | 110 | — | — | — | — | — | |
| | | 250 | | | — | 70 | — | — | — | — | — | |
| | | 300 | | | — | 48 | — | — | — | — | — | |
| | Нагрев (лист нагартован- ный) | 20 | Воздух | | — | 220 | — | — | — | — | — | — |
| | | 100 | | | — | 200 | — | — | — | — | — | |
| | | 150 | | | — | 175 | — | — | — | — | — | |
| | | 200 | | | — | 105 | — | — | — | — | — | |
| 250 | | — | | 60 | — | — | — | — | — | | | |
| 300 | | — | | 70 | — | — | — | — | — | | | |

Показатели штампуемости листов при различных операциях формообразования

| НД | Термообработка | Сечение, мм | Вытяжка | | Отбортовка | | Выдавка | | Радиус при гибке на 90° | |
|------|----------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|------------------|
| | | | K _{пр} | K _{раб} | K _{пр} | K _{раб} | K _{пл} | K _{сф} | R _{min} | R _{раб} |
| [42] | Отожженные | — | 1,8–1,9 | — | 1,40–1,50 | — | 18–22 | — | 0,8–0,555 | — |

Технологические характеристики [42]

Обработка давлением

Сплав деформируется при производстве полуфабрикатов в горячем и холодном состоянии, интервал горячей деформации 320–470°C. Охлаждение после деформации на воздухе.

Температураковки и штамповки 420–470°C.

Свариваемость

Сплав обладает хорошей свариваемостью.
Способы сварки: РАД, МП и КТ

Обрабатываемость резанием

Неудовлетворительная, особенно в отожженном состоянии

| Марка сплава | Вид поставки |
|--------------|---|
| AMg2 | Плиты — ГОСТ 17232–99. Трубы — ГОСТ 18482–79. Сортовой прокат — ГОСТ 21488–97. Листы — ГОСТ 21631–76. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4784–97

| | | | | | | | | |
|--------|-----------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cu | Mg | Mn | Zn | Fe | Si | Ti | Cr | Al |
| ≤ 0,10 | 1,80–2,60 | 0,20–0,60 | ≤ 0,10 | ≤ 0,40 | ≤ 0,40 | ≤ 0,10 | ≤ 0,05 | Основа |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|---------------------------|-------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 17232–99 | Без термической обработки | | | Плита толщина от 11 до 25 | Поперек направления прокатки | | | | | | |
| | | | | | — | 176 | 7 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 25 до 80 | — | 157 | 6 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Механические свойства плит должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице.

2. Для контроля механических свойств плит от партии отбирают: не менее 10% плит — для контроля временного сопротивления (σ_b) и относительного удлинения (δ).

Механические свойства обеспечиваются технологией изготовления и проверяются по требованию потребителя.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний механических свойств хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторные испытания на удвоенной выборке, отобранной от той же партии. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

Допускается изготовителю проводить сплошной контроль качества плит.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|---------------------------|-------|-------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18482–79 | Без термической обработки | | | Трубы всех толщин | Образцы при испытании — отоженные | | | | | | |
| | | | | | 60 | 155 | 10 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Для проверки механических свойств труб, изготавливаемых в отрезках, отбирают две трубы от партии. Проверке механических свойств труб подвергают трубы в отоженном состоянии и без термообработки.

2. Для проверки макроструктуры толстостенных труб отбирают 1% труб от партии, но не менее чем две трубы.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторное испытание на удвоенной выборке, взятой от той же партии. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

Допускается изготовителю проводить поштучный контроль труб.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|---------------------------|-------|-------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 21488–97 | Без термической обработки | | | Пруток Ø от 5,0 до 300 | не менее | | | | | | |
| | | | | | — | 176 | 13 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Механические свойства прутков диаметром свыше 300 мм не регламентируются.

2. Для проверки механических свойств прутков нормальной прочности в отоженном и закаленном состояниях испытаниям подвергают 5% прутков от партии, но не менее трех прутков от каждой партии.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторное испытание на удвоенной выборке, взятой из той же партии. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------------------|----------------------|-------|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 21631–76 | Состояние листов | | | 0,5–1,0 1,0–10,5 0,5–1,0 1,0–4,0 0,5–1,0 1,0–4,0 5,0–10,5 | не менее или в пределах | | | | | | |
| | Отоженные | | | | — | 165 | 16 | — | — | — | — |
| | Нагартованные | | | | — | 165 | 18 | — | — | — | — |
| | | | | | 215 | 265 | 3 | — | — | — | — |
| | Полунагартованные | | | | 215 | 265 | 4 | — | — | — | — |
| | | | | | 145 | 235–314 | 5 | — | — | — | — |
| Без термической обработки | | | 145 | 235–314 | 6 | — | — | — | — | | |

| AMg2 | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| Примечания. | | | | | | | | | | | |
| 1. Механические свойства листов должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице. | | | | | | | | | | | |
| 2. Состояние образцов указывается, если имеется разница между состоянием листов и испытанных образцов. | | | | | | | | | | | |
| 3. Контролю механических свойств при растяжении, в зависимости от состояния материала, подвергают: 5% листов от партии для определения σ_b и δ , и 5% листов для $\sigma_{0,2}$ в нагартованном состоянии; 5% листов от партии для определения σ_b и δ , и 2% листов для $\sigma_{0,2}$ в полунагартованном состоянии. | | | | | | | | | | | |
| При получении неудовлетворительных результатов испытания механических свойств, полученных хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве листов. При неудовлетворительных результатах повторных испытаний допускается поштучное испытание, результат которого является окончательным. | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [41] | Отжиг | | | До 10 | 98 | 196 | 23 | — | — | — | 45 |

Назначение. Сплав применяют в слабонагруженных сварных конструкциях, способных работать длительное время в достаточно агрессивной коррозионной атмосфере. Этот сплав наиболее широко используют в виде листов. Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 150°С (ПНАЭГ-7-008-89).

| Предел выносливости, Н/мм ² | | | | Термообработка | Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|--|---------------|-------------|-------------------|--|---|---|-----|-----|-----|-----|-------------------------------|
| НД | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | +20 | 0 | -20 | -40 | -60 | -80 | |
| [41] | 122,5 | — | — | — | | | | | | | |
| [42] | 85 | — | 5·10 ⁸ | Лист отожженный толщиной 2 мм (K _t =1; f=40 Гц). Отжиг 310–335°С, 1–2 ч, воздух | 40 | — | — | — | — | — | Лист отожженный толщиной 2 мм |

Гарантированные механические свойства полуфабрикатов

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | НВ | |
|------------------------------|--|-------|-------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | Толщина 0,5–1,0 | не менее или в пределах | | | | | | | |
| | | | | | Листы | | | | | | | |
| | Полунагартованные | | | Толщина 1,0–10,5 | — | ≤ 165 | 16 | — | — | — | — | |
| | | | | | — | ≤ 165 | 18 | — | — | — | — | |
| | Нагартованные | | | Толщина 0,5–1,0 | 145 | 234–315 | 5 | — | — | — | — | |
| | | | | | 1,0–5,0 | 145 | 234–315 | 6 | — | — | — | |
| | | | | | 5,0–10,0 | 135 | 225 | 6 | — | — | — | |
| | Горячекатаные без термической обработки | | | Толщина 0,5–1,0 | 215 | 265 | 3 | — | — | — | — | |
| | | | | | 1,0–10,5 | 215 | 265 | 4 | — | — | — | |
| | Горячекатаные без термической обработки | | | Толщина 5,0–10,5 | — | 175 | 7 | — | — | — | — | |
| | | | | | Плиты | | | | | | | |
| | Горячекатаные без термической обработки | | | Толщина 11,0–25,0 | — | 175 | 7 | — | — | — | — | |
| | | | | | 25,0–80,0 | — | 155 | 6 | — | — | — | |
| | Прессованные | | | Ø 5,0–400 | Прутки | | | | | | | |
| | | | | | Трубы прессованные | | | | | | | |
| | Без термической обработки и в отожженном состоянии | | | Всех толщин | 60 | 155 | 10 | — | — | — | — | |
| | | | | | Трубы катаные и тянутые | | | | | | | |
| | Отожженные | | | Всех толщин | — | ≤ 155 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | — | 255 | — | — | — | — | — | |
| | Отожженные | | | Толщина До 75 | Поковки (продольные образцы) | | | | | | | |
| Поковки (поперечные образцы) | | | | | | | | | | | | |
| — | | | | | 165 | 15 | — | — | — | 44 | | |
| Поковки (высотные образцы) | | | | | | | | | | | | |
| — | | | | | 145 | 13 | — | — | — | 44 | | |
| — | | | | | 135 | 11 | — | — | — | 44 | | |
| Отожженные | | | Толщина До 75 | Штамповки (продольные образцы) | | | | | | | | |
| | | | | Штамповки (поперечные образцы) | | | | | | | | |
| | | | | — | 165 | 15 | — | — | — | | | 44 |
| | | | | Штамповки (высотные образцы) | | | | | | | | |
| | | | | — | 145 | 12 | — | — | — | | | 44 |
| | | | | — | 135 | 10 | — | — | — | | | 44 |
| Отожженные | | | Толщина До 75 | Штамповки (продольные образцы), типичные свойства | | | | | | | | |
| | | | | Штамповки (поперечные образцы), типичные свойства | | | | | | | | |
| | | | | 90 | 180 | 35 | — | — | — | | | 52 |
| | | | | 76–100 | 90 | 180 | 25 | — | — | | | 50,5 |
| | | | | Штамповки (продольные образцы), типичные свойства | | | | | | | | |
| | | | | До 75 | 90 | 180 | 20 | — | — | | | 52 |

| АМг2 | | Механические свойства (типичные) листов при различных температурах | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|--|--------------------------|------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСV, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | Толщина | -196 | — | 310 | — | — | — | — | — |
| | | | | | 2 | -70 | — | 200 | — | — | — | — |
| | | | | | 20 | 100 | 190 | 23 | — | 40 | 25 | — |
| | | | | | 100 | 90 | 170 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | | 150 | 80 | 160 | 35 | — | — | — | — |
| | | | | | 200 | 60 | 130 | 45 | — | — | — | — |
| | | | | | 250 | — | 110 | 60 | — | — | — | — |
| | | | | | 300 | — | 70 | 75 | — | — | — | — |
| | Нагартованные | | | Толщина | 100 | 230 | 270 | 6 | — | — | — | — |
| | | | | | 2 | 150 | 210 | 240 | 10 | — | — | — |
| | | | | | 200 | 150 | 210 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | | 250 | 90 | 170 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | | 300 | — | 80 | 65 | — | — | — | — |
| | | | | | | | | | | | | |
| Показатели штампуемости листов при различных операциях формообразования | | | | | | | | | | | | |
| НД | Термообработка | Сечение, мм | Вытяжка | | Отбортовка | | Выдавка | | Радиус при гибке на 90° | | | |
| | | | K _{пр} | K _{раб} | K _{пр} | K _{раб} | K _{пл} | K _{сф} | R _{min} | R _{раб} | | |
| [42] | Отожженные | Толщина 2 | 2,0–2,6 | 1,8–1,85 | 1,52–1,56 | 1,32–1,40 | 0,23–0,26 | 0,36–0,42 | (0,6–1,0)·s | (1,0–1,5)·s | | |
| Характеристики трещиностойкости сварных соединений листов (s=2 мм) | | | | | | | | | | | | |
| НД | $\sigma_B^{св}$, Н/мм ² | | $\sigma_B^{св}/\sigma_B$ | | K _{тр} , % | | Угол загиба, град. | | | | | |
| [42] | 170 | | 0,9 | | 10 | | 120 | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость [42] | | | | | | | | | | | | |
| Сплав обладает хорошей свариваемостью. Сварные соединения из сплава обладают высокой коррозионной стойкостью | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---------------------|--|
| Марка сплава | Вид поставки |
| AMг3 | Плиты — ГОСТ 17232-99. Трубы — ГОСТ 18482-79. Сортовой прокат — ГОСТ 21488-97. Листы — ГОСТ 21631-76. |

| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4784-97 | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|
| Cu | Mg | Mn | Zn | Fe | Si | Ti | Cr | Al |
| ≤ 0,10 | 3,20–3,80 | 0,30–0,60 | ≤ 0,20 | ≤ 0,50 | 0,50–0,80 | ≤ 0,10 | ≤ 0,05 | Основа |

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|-------|-------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 17232-99 | Без термической обработки | | | Плита толщина от 11 до 25 | Поперек направления прокатки | | | | | | |
| | | | | Свыше 25 до 80 | — | 176 | 7 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Механические свойства плит должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице.
2. Для контроля механических свойств плит от партии отбирают: не менее 10% плит — для контроля временного сопротивления (σ_b) и относительного удлинения (δ).

Механические свойства обеспечиваются технологией изготовления и проверяются по требованию потребителя.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний механических свойств хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторные испытания на удвоенной выборке, отобранной от той же партии. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

Допускается изготовителю проводить сплошной контроль качества плит.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|---------------------------|-------|-------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18482-79 | Без термической обработки | | | Трубы толщина стенки от 2,5 до 40 | Образцы при испытании — отожженные | | | | | | |
| | | | | 70 | 180 | 15 | — | — | — | — | |

Примечания.

1. Для проверки механических свойств труб, изготавливаемых в отрезках, отбирают две трубы от партии. Проверке механических свойств труб подвергают трубы в отожженном состоянии и без термообработки.
2. Для проверки макроструктуры толстостенных труб отбирают 1% труб от партии, но не менее чем две трубы.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторное испытание на удвоенной выборке, взятой от той же партии. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

Допускается изготовителю проводить поштучный контроль труб.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|---------------------------|-------|-------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 21488-97 | Без термической обработки | | | Пруток ϕ от 5,0 до 300 | 78 | 127 | 13 | — | — | — | — |
| | | | | Отожженные | ϕ от 5,0 до 300 | 78 | 127 | 13 | — | — | — |

Примечания.

1. Механические свойства прутков диаметром свыше 300 мм не регламентируются.
2. Для проверки механических свойств прутков нормальной прочности в отожженном и закаленном состояниях испытаниям подвергают 5% прутков от партии, но не менее трех прутков от каждой партии.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторное испытание на удвоенной выборке, взятой из той же партии. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|---|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 21631-76 | Состояние листов ----- Отожженные | | | 0,5–0,6 | 90 | 195 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | 0,6–4,5 | 100 | 195 | 15 | — | — | — | |
| | | | | 4,5–10,5 | 80 | 185 | 15 | — | — | — | |
| | Полунагартованные | | | 0,5–1,0 | 195 | 245 | 7 | — | — | — | — |
| | | | | 1,0–4,0 | 195 | 245 | 7 | — | — | — | — |
| | Без термической обработки | | | 5,0–6,0 | 80 | 185 | 12 | — | — | — | — |
| 6,0–10,5 | | | | 80 | 185 | 15 | — | — | — | — | |

АМг3

Механические свойства при комнатной температуре

Примечания.

1. Механические свойства листов должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице.

2. Состояние образцов указывается, если имеется разница между состоянием листов и испытанных образцов.

3. Контролю механических свойств при растяжении, в зависимости от состояния материала, подвергают: 10% листов от партии для определения σ_b и δ , и 5% листов для — $\sigma_{0,2}$ в отожженном состоянии; 5% листов от партии для определения σ_b и δ , и 2% листов для — $\sigma_{0,2}$ в полунагартованном состоянии.

При получении неудовлетворительных результатов испытания механических свойств, полученных хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве листов. При неудовлетворительных результатах повторных испытаний допускается поштучное испытание, результат которого является окончательным.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [41] | Отжиг | | | До 10 | 109 | 216 | 20 | — | — | — | 50 |

Назначение. Сплав применяют в слабонагруженных сварных конструкциях, способных работать длительное время в достаточно агрессивной коррозионной атмосфере. Этот сплав наиболее широко используют в виде листов.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 150°C (ПНАЭГ-7-008-89).

| Предел выносливости, Н/мм ² [42] | | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|---|---------------|-------------|-------------------|--|---|---|------|------|------|------|-------------------------------|
| σ_{-1} | $\sigma_{пл}$ | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | |
| 90 | 80 | — | 5·10 ⁸ | Лист отожженный толщиной 2 мм (K ₁ =1; f=40 Гц). Отжиг 310–335°C, 1–2 ч, воздух | 40 | — | — | — | — | — | Лист отожженный толщиной 2 мм |

Гарантированные механические свойства полуфабрикатов

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----------|--|-------|-------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Отоженные | | | Толщина 0,5–0,6 | Листы | | | | | | |
| | | | | | ≤ 90 | ≤ 195 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | 0,6–5,5 | ≤ 100 | ≤ 135 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | | ≤ 80 | ≤ 185 | 15 | — | — | — | — |
| | Полунагартованные | | | 0,5–1,0 | 195 | 245 | 7 | — | — | — | — |
| | | | | 1,0–5,0 | 195 | 245 | 7 | — | — | — | — |
| | | | | 5,5–10,5 | 175 | 235 | 6 | — | — | — | — |
| | Без термической обработки | | | 5,0–6,0 | 80 | 185 | 12 | — | — | — | — |
| | | | | 6,0–10,5 | 80 | 185 | 15 | — | — | — | — |
| | Без термической обработки | | | 11,0–25,0 25,0–80,0 | Плиты | | | | | | |
| | | | | | 70 | 185 | 12 | — | — | — | — |
| | Без термической обработки | | | — | Профили | | | | | | |
| | | | | | 75 | 175 | 12 | — | — | — | — |
| | Прессованные | | | Ø 5,0–400 | Прутки | | | | | | |
| | | | | | 75 | 175 | 13 | — | — | — | — |
| | Без термической обработки и в отожженном состоянии | | | Толщина 2,5–4,0 | Трубы прессованные | | | | | | |
| | | | | | 70 | 180 | 15 | — | — | — | — |
| | Отоженные | | | Толщина 2,5–4,0 | Трубы катаные и тянутые | | | | | | |
| | | | | | 70 | ≤ 185 | 15 | — | — | — | — |
| | Нагартованные | | | | 100 | 255 | — | — | — | — | — |
| Отоженные | | | Толщина До 75 | Поковки (продольные образцы) | | | | | | | |
| | | | | 70 | 185 | 15 | — | — | — | 44 | |
| | | | | 145 | 275 | 15 | — | — | — | 63,5 | |
| Отоженные | | | До 75 | Поковки (поперечные образцы) | | | | | | | |
| | | | | — | 165 | 12 | — | — | — | 44 | |
| | | | | Поковки (высотные образцы) | | | | | | | 44 |
| Отоженные | | | Толщина До 75 | Штамповки (продольные образцы) | | | | | | | |
| | | | | 70 | 185 | 15 | — | — | — | 44 | |
| | | | | Штамповки (поперечные образцы) | | | | | | | 44 |
| Отоженные | | | До 75 | Штамповки (высотные образцы) | | | | | | | |
| | | | | — | 165 | 12 | — | — | — | 44 | |
| | | | | Штамповки (высотные образцы) | | | | | | | 44 |

| АМг3 | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|--------------|--------------------------|------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----|
| Механические свойства (типичные) листов при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °С | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | Толщина | -196 | 100 | 330 | 43 | — | — | — | — |
| | | | | 2 | -70 | 95 | 230 | 29 | — | — | — | — |
| | | | | | 20 | 120 | 230 | 23 | — | 40 | 25 | — |
| | | | | | 100 | 110 | 220 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | | 150 | 100 | 190 | 40 | — | — | — | — |
| | | | | | 200 | 100 | 150 | 50 | — | — | — | — |
| | | | | | 250 | 60 | 120 | 60 | — | — | — | — |
| Показатели штампуемости листов при различных операциях формообразования | | | | | | | | | | | | |
| НД | Термообработка | Сечение, мм | Вытяжка | | Отбортовка | | Выдавка | | Радиус при гибке на 90° | | | |
| | | | K _{пр} | K _{раб} | K _{пр} | K _{раб} | K _{пл} | K _{сф} | R _{min} | R _{раб} | | |
| [42] | Отожженные | Толщина 2 | 1,92 | 1,86 | 1,86 | 1,63 | 0,22–0,25 | 0,36–0,40 | 1,0·s | 2,0·s | | |
| Характеристики трещиностойкости сварных соединений листов (s=2 мм) | | | | | | | | | | | | |
| НД | $\sigma_b^{св}$, Н/мм ² | | $\sigma_b^{св}/\sigma_b$ | | K _{тр} , % | | Угол загиба, град. | | | | | |
| [42] | 210 | | 0,9 | | 5 | | 120 | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость [42] | | | | | | | | | | | | |
| Сплав обладает хорошей свариваемостью. Сварные соединения из сплава обладают высокой коррозионной стойкостью | | | | | | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|---|-------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|---------------|------------|-------------------------|-----|----|---|
| AMg5 | | Плиты — ГОСТ 17232–99. Трубы прессованные — ГОСТ 18482–79. Прутки прессованные — ГОСТ 21488–97. Листы — ГОСТ 21631–76. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4784–97 | | | | | | | | | | | | |
| Cu | Mg | Mn | Zn | Fe | Si | Ti | Be | | | | | |
| ≤ 0,10 | 4,80–5,80 | 0,30–0,80 | ≤ 0,20 | ≤ 0,50 | ≤ 0,50 | 0,02–0,10 | 0,0002–0,0050 | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 17232–99 | Без термической обработки | | | Плита толщина от 11 до 25 | 118 | 265 | 13 | — | — | — | — | |
| | | | | Свыше 25 до 80 | 108 | 255 | 12 | — | — | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 18482–79 | Без термической обработки отожженные | | | Трубы толщина стенки от 2,5 до 40 | 110 | 255 | 15 | — | — | — | — | |
| | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 21488–97 | Без термической обработки | | | Пруток Ø от 5,0 до 300 | 120 | 270 | 15 | — | — | — | — | |
| | | | | Ø от 300 до 400 | 110 | 250 | 10 | — | — | — | — | |
| | Отожженные | | | Ø от 5,0 до 300 | 120 | 270 | 15 | — | — | — | — | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 21631–76 | Состояние листов | | | Отожженные | 0,5–0,6 | 135 | 275 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | | 0,6–4,5 | 145 | 275 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | | 4,5–10,5 | 130 | 275 | 15 | — | — | — | — |
| | Без термической обработки | | | 5,0–6,0 | 130 | 275 | 12 | — | — | — | — | |
| | | | | 6,0–10,5 | 130 | 275 | 15 | — | — | — | — | |

Назначение. Сплав применяют в сварных конструкциях при изготовлении емкостей, используемых в том числе при крепежных температурах.

| Предел выносливости, Н/мм ² [42] | | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | Термообработка |
|---|---------------|-----------------|-------------------|--|---|---|------|------|------|----------------|
| σ_{-1} | $\sigma_{шц}$ | $\sigma_{-0,2}$ | N | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | |
| 105 | 120 | 160 | 5·10 ⁸ | Лист отожженный толщиной 2 мм (K _t =1; f=40 Гц) | — | — | — | — | — | — |

| АМг5 | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|----|
| Гарантированные механические свойства полуфабрикатов | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КCV, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | Толщина | Листы | | | | | | |
| | | | | 0,5–0,6 | ≤ 135 | ≤ 275 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | 0,6–4,5 | ≤ 145 | ≤ 275 | 15 | — | — | — | — |
| | Без термической обработки | | | 4,5–10,5 | ≤ 130 | ≤ 275 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | 5,0–6,0 | 130 | 275 | 12 | — | — | — | — |
| | Отожженные | | | 6,0–10,5 | 130 | 275 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | 2 | 150 | 300 | 20 | — | 30 | 20 | — |
| | Без термической обработки | | | 11,0–25,0 25,0–80,0 | Плиты | | | | | | |
| | | | | | 115 | 265 | 13 | — | — | — | — |
| | Без термической обработки | | | — | Профили | | | | | | |
| | | | | | 115 | 255 | 15 | — | — | — | — |
| | Без термической обработки | | | — | Прутки прессованные | | | | | | |
| | | | | | 118 | 265 | 15 | — | — | — | — |
| | Без термической обработки и в отожженном состоянии | | | — | Трубы прессованные | | | | | | |
| 255 | | | | | 110 | 15 | — | — | — | — | |
| Отожженные | | | — | Трубы катаные и тянутые | | | | | | | |
| | | | | ≤ 200 | ≤ 265 | 15 | — | — | — | — | |
| Нагартованные | | | — | 315 | 165 | — | — | — | — | — | |

| Механические свойства (типичные) листов при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|--------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КCV, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | Толщина 2 | – 196 | 190 | 400 | 28 | — | — | — | — |
| | | | | | – 70 | 160 | 310 | 24 | — | — | — | |
| | | | | | 100 | 150 | 270 | 30 | — | — | — | |
| | | | | | 150 | 140 | 230 | 35 | — | — | — | |
| | | | | | 200 | 120 | 180 | 50 | — | — | — | |
| | | | | | 250 | 90 | 140 | 55 | — | — | — | |
| | | | | | 300 | 60 | 110 | 65 | — | — | — | |

| Механические свойства (типичные) штамповок в зависимости от направления волокна | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------------------|---------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Направление волокна | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | Толщина до 75 | Д | 145 | 275 | 15 | — | — | 63,5 |

Д — направление долевое.

| Показатели штампуемости листов при различных операциях формообразования | | | | | | | | | | |
|---|----------------|--------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|------------------|
| НД | Термообработка | Сечение, мм | Вытяжка | | Отбортовка | | Выдавка | | Радиус при гибке на 90° | |
| | | | K _{пр} | K _{раб} | K _{пр} | K _{раб} | K _{пл} | K _{сф} | R _{min} | R _{раб} |
| [42] | Отожженные | Толщина 2 | 1,70– 1,87 | 1,85– 2,02 | 1,30–1,50 | 1,42–1,62 | 0,24–0,29 | 0,37–0,46 | (0,6–1,0)·s | (2,0–2,5)·s |

| Характеристики трещиностойкости сварных соединений листов (s=2 мм) | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--|--------------------------|--|---------------------|--|--------------------|--|--|--|
| НД | $\sigma_b^{св}$, Н/мм ² | | $\sigma_b^{св}/\sigma_b$ | | K _{тр} , % | | Угол загиба, град. | | | |
| [42] | 240 | | 0,9 | | 10 | | 90 | | | |

| Технологические характеристики | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Свариваемость [42] | | | | | | | | | | |
| Сплав обладает хорошей свариваемостью | | | | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|---|-------------------|--|---|--------------------------------|---------------|------------|-------------------------|------|----------------|
| AMg6 | | Плиты — ГОСТ 17232–99. Трубы прессованные — ГОСТ 18482–79. Прутки прессованные — ГОСТ 21488–97. Листы — ГОСТ 21631–76. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4784–97 | | | | | | | | | | | |
| Cu | Mg | Mn | Zn | Fe | Si | Ti | Be | | | | |
| ≤ 0,10 | 5,80–6,80 | 0,50–0,80 | ≤ 0,20 | ≤ 0,40 | ≤ 0,40 | 0,02–0,10 | 0,0002–0,0050 | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 17232–99 | Без термической обработки | | | Плита толщина от 11 до 25 | 147 | 304 | 11 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 25 до 50 | 137 | 294 | 6 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 50 до 80 | 127 | 274 | 4 | — | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18482–79 | Без термической обработки отожженные | | | Трубы толщина стенки от 2,5 до 40 | 145 | 315 | 15 | — | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 21488–97 | Без термической обработки | | | Пруток Ø от 5,0 до 300 | 160 | 320 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | Ø от 300 до 400 | 120 | 290 | 11 | — | — | — | — |
| | | | | Отожженные Ø от 5,0 до 300 | 160 | 320 | 15 | — | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 21631–76 | Состояние листов | | | 0,5–0,6 | 145 | 305 | 15 | — | — | — | — |
| | Отожженные | | | | | | | | | | |
| | 0,6–10,5 | | | | | | | | | | |
| Без термической обработки | | | | 5,0–10,5 | 155 | 315 | 15 | — | — | — | — |
| Назначение. Сплав применяют в сварных конструкциях при изготовлении емкостей, используемых в том числе при крепежных температурах. | | | | | | | | | | | |
| Предел выносливости, Н/мм ² [42] | | | | Термообработка | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
| σ_{-1} | $\sigma_{ш}$ | $\sigma_{-0,2}$ | N | | + 20 | 0 | – 20 | – 40 | – 60 | – 80 | |
| 90 | 100 | 180 | 5·10 ⁸ | Лист отожженный толщиной 2 мм (K _t =1; f=40 Гц) | — | — | — | — | — | — | — |
| K _t — коэффициент концентрации напряжений теоретический; f — частота нагружений при испытании на усталость | | | | | | | | | | | |

| AMг6 | | Гарантированные механические свойства полуфабрикатов | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|--|-------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|--------------|-------------------------|-------------------------|------|---|---|------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | KCV, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | Толщина | Листы | | | | | | | | | |
| | | | | 0,5–0,6 | ≤ 145 | ≤ 305 | 15 | — | — | — | — | | | |
| | | | | 0,6–10,5 | ≤ 155 | ≤ 315 | 15 | — | — | — | — | | | |
| | Без термической обработки | | | 5,0–1,5 | 155 | 315 | 15 | — | — | — | — | | | |
| | Отожженные | | | 2 | 170 | 340 | 19 | — | 30 | 20 | — | | | |
| | Без термической обработки | | | 11,0–25,0 25,0–50,0 50,0–80,0 | Плиты | | | | | | | | | |
| | | | | | 145 | 305 | 11 | — | — | — | — | | | |
| | | | | | 135 | 295 | 6 | — | — | — | — | | | |
| | | | | 50,0–80,0 | 125 | 275 | 4 | — | — | — | — | | | |
| | Без термической обработки | | | — | Профили | | | | | | | | | |
| | | | | 115 | 315 | 15 | — | — | — | — | — | | | |
| | Без термической обработки | | | — | Прутки прессованные | | | | | | | | | |
| | | | | 155 | 315 | 15 | — | — | — | — | — | | | |
| | Без термической обработки | | | — | Панели | | | | | | | | | |
| | | | 155 | 315 | 15 | — | — | — | — | — | | | | |
| Без термической обработки и в отожженном состоянии | | | — | Трубы прессованные | | | | | | | | | | |
| | | | 145 | 315 | 15 | — | — | — | — | — | | | | |
| Отожженные | | | — | Трубы катаные и тянутые | | | | | | | | | | |
| | | | ≤ 145 | ≤ 315 | 15 | — | — | — | — | — | | | | |
| Нагартованные | | | — | 195 | 345 | — | — | — | — | — | | | | |
| Гарантированные механические свойства полуфабрикатов в зависимости от направления волокна | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Толщина, мм | Направление волокна | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | не менее | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | Поковки До 75 76–100 100–300 | Д | 135 | 316 | 15 | — | — | 63,5 | | | |
| | | | | | | 130 | 395 | 14 | — | — | 63,5 | | | |
| | | | | | | 120 | 285 | 11 | — | — | 63,5 | | | |
| | | | | | | | До 75 76–100 100–300 | П | 130 | 305 | 14 | — | — | 63,5 |
| | | | | | | | | | 130 | 395 | 14 | — | — | 63,5 |
| | | | | | | | | | 120 | 285 | 11 | — | — | 63,5 |
| | | | | | | | До 75 76–100 100–300 | В | — | 305 | 14 | — | — | 63,5 |
| | | | | | | | | | — | 395 | 14 | — | — | 63,5 |
| | | | | | | | | | — | 285 | 11 | — | — | 63,5 |
| | | | | | | | Штамповки До 75 76–100 100–300 | Д | 155 | 315 | 15 | — | — | 63,5 |
| | | | | | | | | | 130 | 295 | 14 | — | — | 63,5 |
| | | | | | | | | | 120 | 285 | 11 | — | — | 63,5 |
| | | | | | | | До 75 76–100 100–300 | П | 130 | 305 | 14 | — | — | 63,5 |
| | | | | | | | | | 130 | 295 | 14 | — | — | 63,5 |
| | | | | | | | | | 120 | 285 | 11 | — | — | 63,5 |
| | | | | | | | До 75 76–100 100–300 | В | — | 305 | 14 | — | — | 63,5 |
| | | | | | | | | | — | 395 | 14 | — | — | 63,5 |
| | | | | | | | | | — | 285 | 11 | — | — | 63,5 |

Д — направление долевого; П — направление поперечное; В — направление высотное.

| АМг6 | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|----|
| Механические свойства (типичные) листов при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | Толщина | -196 | — | 460 | 33 | — | — | — | — |
| | | | | 2 | -70 | — | 350 | 26 | — | — | — | — |
| | | | | | 100 | 150 | 310 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | | 150 | 140 | 260 | 35 | — | — | — | — |
| | | | | | 200 | 120 | 190 | 55 | — | — | — | — |
| | | | | | 250 | 100 | 160 | 55 | — | — | — | — |
| | | | | | 300 | 60 | 130 | 60 | — | — | — | — |

| Механические свойства (типичные) штамповок в зависимости от направления волокна | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------------------|-------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|------|
| НД | Режим термообработки | | | Толщина, мм | Направление волокна | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | До 75 | Д | 170 | 335 | 20 | — | — | — | 82,5 |
| | | | | 76–100 | Д | 170 | 335 | 20 | — | — | — | 80,5 |
| | | | | До 75 | П | 170 | 335 | 20 | — | — | — | 82,5 |
| | | | | 76–100 | П | 170 | 335 | 19 | — | — | — | 80,5 |
| | | | | До 75 | В | — | 325 | 18 | — | — | — | 82,5 |
| | | | | 76–100 | В | — | 325 | 18 | — | — | — | 80,5 |

Д — направление долевое; П — направление поперечное; В — направление высотное.

| Показатели штампуемости листов при различных операциях формообразования | | | | | | | | | | |
|---|----------------|-------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|------------------|
| НД | Термообработка | Сечение, мм | Вытяжка | | Отбортовка | | Выдавка | | Радиус при гибке на 90° | |
| | | | K _{пр} | K _{раб} | K _{пр} | K _{раб} | K _{пл} | K _{сф} | R _{min} | R _{раб} |
| [42] | Отожженные | Толщина 2 | 2,00–2,06 | 1,80–1,85 | 1,52–1,56 | 1,32–1,40 | 0,22–0,25 | 0,35–0,40 | (0,6–1,0)·s | 2,0·s |
| | Нагартованные | Толщина 2 | 1,40 | — | 1,16 | — | — | — | 5,0·s | — |

| Характеристики трещиностойкости сварных соединений листов (s=2 мм) | | | | |
|--|-------------------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|
| НД | $\sigma_B^{св}$, Н/мм ² | $\sigma_B^{св}/\sigma_B$ | K _{тр} , % | Угол загиба, град. |
| [42] | 290 | 0,85 | 5 | 90 |

| Технологические характеристики |
|---------------------------------------|
| Свариваемость [42] |
| Сплав обладает хорошей свариваемостью |

| | |
|---------------------|--|
| Марка сплава | Вид поставки |
| АВ | Плиты — ГОСТ 17232–99. Трубы — ГОСТ 18482–79. Сортовой прокат — ГОСТ 21488–97. Листы — ГОСТ 21631–76. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4784–97

| | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| Cu | Mg | Mn | Zn | Fe | Si | Ti | Al |
| 0,10–0,50 | 0,45–0,90 | 0,15–0,35 | ≤ 0,20 | ≤ 0,50 | 0,50–1,20 | ≤ 0,15 | Основа |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|---------------------------------------|-------|-------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 17232–99 | Закаленные и естественно состаренные | | | Плита | Поперек направления прокатки | | | | | | |
| | | | | толщина | | | | | | | |
| | | | | от 11 до 25 | — | 176 | 14 | — | — | — | — |
| | Закаленные и искусственно состаренные | | | Свыше 25 до 40 | — | 167 | 12 | — | — | — | — |
| | | | | Свыше 40 до 80 | — | 167 | 10 | — | — | — | — |
| | | | | От 11 до 25 | — | 294 | 7 | — | — | — | — |
| | | | Свыше 25 до 40 | — | 284 | 6 | — | — | — | — | |
| | | | Свыше 40 до 80 | — | 274 | 6 | — | — | — | — | |

Примечания.

1. Механические свойства плит должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице.
2. Для контроля механических свойств плит от партии отбирают: не менее 10% плит — для контроля временного сопротивления (σ_b) и относительного удлинения (δ).

Механические свойства обеспечиваются технологией изготовления и проверяются по требованию потребителя.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний механических свойств хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторные испытания на удвоенной выборке, отобранной от той же партии. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

Допускается изготовителю проводить сплошной контроль качества плит.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|---------------------------------------|-------|-------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 18482–79 | Без термической обработки | | | Трубы | 110 | 210 | 14 | — | — | — | — |
| | Закаленные и естественно состаренные | | | всех толщин | | | | | | | |
| | Закаленные и искусственно состаренные | | | От 3,0 до 40,0 | | | | | | | |

Примечания.

1. Для проверки механических свойств труб, изготавливаемых в отрезках, отбирают две трубы от партии. Проверку механических свойств труб без термической обработки, а также в закаленном и состаренном состоянии проводят периодически по требованию потребителя.
2. Для проверки макроструктуры толстостенных труб отбирают 1% труб от партии, но не менее чем две трубы.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторное испытание на удвоенной выборке, взятой от той же партии. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

Допускается изготовителю проводить поштучный контроль труб.

| АВ | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---|-------------------|---------------------------|--|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 21488-97 | Без термической обработки | | | Прутки ø от 5,0 до 300 | Испытуемые образцы закаленные и естественно состаренные | | | | | | |
| | | | | | — | 176 | 14 | — | — | — | — |
| | Закаленные и естественно состаренные | | | ø от 5,0 до 300 | Испытуемые образцы закаленные и искусственно состаренные | | | | | | |
| | | | | | — | 294 | 12 | — | — | — | — |
| | Закаленные и искусственно состаренные | | | ø от 5,0 до 100 | — | 176 | 14 | — | — | — | — |
| | Прутки повышенной прочности | | | ø от 5,0 до 300 | Закаленные и искусственно состаренные | | | | | | |
| | Без термической обработки | | | | 225 | 314 | 8 | — | — | — | — |
| Закаленные и искусственно состаренные | | | 225 | | 314 | 8 | — | — | — | — | |

Примечания.

1. Механические свойства прутков диаметром свыше 300 мм не регламентируются.

2. Для проверки механических свойств прутков нормальной прочности в отожженном и закаленном состояниях испытаниям подвергают 5% прутков от партии, но не менее трех прутков от каждой партии.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторное испытание на удвоенной выборке, взятой из той же партии. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
|--|---------------------------------------|-------|-------------------|---|---|--------------------------------|---|------------|-------------------------|-----|----|---|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 21631-76 | Состояние листов | | | 0,5-5,0 | Листы | | | | | | | | |
| | Отожженные | | | | — | ≤ 145 | 20 | — | — | — | — | | |
| | Закаленные и естественно состаренные | | | 5,0-10,5 | — | ≤ 145 | 15 | — | — | — | — | | |
| | | | | 0,5-0,6 | — | 195 | 18 | — | — | — | — | | |
| | | | | 0,6-3,0 | — | 195 | 20 | — | — | — | — | | |
| | | | | 3,0-5,0 | — | 195 | 18 | — | — | — | — | | |
| | Закаленные и искусственно состаренные | | | 5,0-10,5 | — | 175 | 16 | — | — | — | — | | |
| | | | | 0,5-5,0 | — | 295 | 10 | — | — | — | — | | |
| | | | | 5,0-10,5 | — | 295 | 8 | — | — | — | — | | |
| | Без термической обработки | | | 5,0-10,5 | Образцы закаленные и естественно состаренные | | | | | | | | |
| | | | | | — | 175 | 14 | — | — | — | — | | |
| | | | | 5,0-10,5 | Образцы закаленные и искусственно состаренные | | | | | | | | |
| — | | | | | 295 | 7 | — | — | — | — | | | |
| Механические свойства листов должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице выше. | | | | | | | | | | | | | |
| Без термической обработки | | | 0,5-0,6 | Образцы закаленные и естественно состаренные | | | | | | | | | |
| | | | | — | 175 | 18 | — | — | — | — | | | |
| | | | | 0,6-3,0 | — | 175 | 20 | — | — | — | — | | |
| | | | | 3,0-5,0 | — | 175 | 18 | — | — | — | — | | |
| | | | | | | 5,0-10,5 | Образцы закаленные и искусственно состаренные | | | | | | |
| | | | | | | | — | 275 | 10 | — | — | — | — |
| | | | 5,0-10,5 | Образцы закаленные и искусственно состаренные | | | | | | | | | |
| | | | | — | 275 | 8 | — | — | — | — | | | |

Примечания.

1. Состояние образцов указывается, если имеется разница между состоянием листов и испытываемых образцов.

2. Контролю механических свойств при растяжении, в зависимости от состояния материала, подвергают 5% листов от партии, но не менее чем по одному листу от каждой партии, предъявляемой к сдаче. Контролируются предел временного сопротивления (σ_b) и относительное удлинение (δ) образцов, закаленных и состаренных по стандартным режимам.

При получении неудовлетворительных результатов испытания механических свойств, полученных хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве листов. При неудовлетворительных результатах повторных испытаний допускается поштучное испытание, результат которого является окончательным.

| АВ | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | |
|------------------------|------------------------|---|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [41] | Естественное старение | | | От 0,5 до 0,7 | Листы | | | | | | |
| | | | | Свыше 0,7 | 157 | 235 | 20 | — | — | — | — |
| | Искусственное старение | | | до 10,5 | 245 | 323 | 14 | — | — | — | — |
| | | | | Прессованные профили | | | | | | | |
| | Естественное старение | | | До 100 | 196 | 255 | 15 | — | — | — | — |
| Искусственное старение | | | | | 294 | 372 | 12 | — | — | — | — |

Назначение. Для деталей самолетов, двигателей, от которых при изготовлении требуется высокая пластичность в холодном и горячем состояниях, лопасти вертолетов, штампованных и кованных деталей сложной формы и для деталей АЭС.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 150°C (ПНАЭГ-7-008-89).

| Предел выносливости, Н/мм ² [41] | | | Вид полуфабриката | Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ² , при t, °C | | | | | | Термообработка |
|---|-------------|-------------------|----------------------|---|---|------|------|------|------|----------------|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | + 20 | 0 | - 20 | - 40 | - 60 | - 80 | |
| 98 | — | 2·10 ⁷ | Листы | — | — | — | — | — | — | — |
| 127 | — | 2·10 ⁷ | Прессованные профили | — | — | — | — | — | — | — |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
|---------|---|-------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [42] | Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность) | | | Толщина | 20 | Листы (образцы поперечные) | | | | | | | |
| | | | | | | - 253 | 260 | 500 | 28 | — | — | — | — |
| | | | | | | - 196 | 200 | 370 | 30 | — | — | — | — |
| | | | | | | 20 | 160 | 250 | 23 | — | — | — | — |
| | | | | Толщина | Профили, прутки (образцы продольные) | | | | | | | | |
| | | | | | 20; | - 196 | 430 | 450 | 14 | — | — | — | — |
| | | | | | ø 20 | - 70 | 380 | 400 | 13 | — | — | — | — |
| | | | | | | 20 | 320 | 350 | 12 | — | — | — | — |
| | | | | | | 100 | 290 | 320 | 12 | — | — | — | — |
| | | | | | до 20; | 150 | 260 | 280 | 13 | — | — | — | — |
| ø до 20 | 200 | 220 | 240 | | 12 | — | — | — | — | | | | |
| | 250 | 130 | 160 | 12 | — | — | — | — | | | | | |

| AB | | Гарантируемые механические свойства полуфабрикатов | | | | | | | | | |
|---|---|--|--------------------------------|---|--|--|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Отожженное состояние | | | Толщина | Листы неплакированные (образцы поперечные) | | | | | | |
| | | | | 0,5–5,0 | — | 150 | 20 | — | — | — | — |
| | Закаленное и естественно состаренное состояние | | | 5,0–10,5 | — | 150 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | 0,6–3,0 | — | 200 | 20 | — | — | — | — |
| | | | | 3,0–5,0 | — | 200 | 18 | — | — | — | — |
| | Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность) | | | 5,0–10,5 | — | 180 | 16 | — | — | — | — |
| | | | | 0,4–5,0 | — | 300 | 10 | — | — | — | — |
| | | | | 5,0–10,5 | — | 300 | 8 | — | — | — | — |
| | Закаленное и естественно состаренное состояние | | | Плиты (образцы поперечные) | | | | | | | |
| | | | | 11,0–25,0 | — | 180 | 14 | — | — | — | — |
| | | | | 25,0–40,0 | — | 170 | 12 | — | — | — | — |
| | Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность) | | | 40,0–80,0 | — | 170 | 10 | — | — | — | — |
| | | | | 11,0–25,0 | — | 300 | 7 | — | — | — | — |
| | | | | 25,0–40,0 | — | 290 | 6 | — | — | — | — |
| | Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность) | | | 40,0–80,0 | — | 280 | 6 | — | — | — | — |
| | | | | Профили прессованные (образцы продольные) | | | | | | | |
| | | | | До 125 вкл. | — | 180 | 14 | — | — | — | — |
| | Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность) | | | До 125 вкл. | 230 | 300 | 10 | — | — | — | — |
| | Закаленное и естественно состаренное состояние | | | Прутки (образцы продольные) | | | | | | | |
| | | | | $s \leq \phi \leq 300$ | — | 180 | 14 | — | — | — | — |
| Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность) | | | $s \leq \phi \leq 300$ | — | 300 | 12 | — | — | — | — | |
| Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность) | | | Поковки (образцы продольные) | | | | | | | | |
| | | | Масса до 1500 кг | — | 280 | 10 | — | — | — | — | |
| Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность) | | | Штамповки (образцы продольные) | | | | | | | | |
| | | | Масса до 200 кг | 220 | 300 | 12 | — | — | — | — | |
| Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность) | | | Штамповки (образцы поперечные) | | | | | | | | |
| | | | Масса до 200 кг | — | 270 | 4 | — | — | — | — | |
| Закаленное и естественно состаренное состояние | | | Трубы прессованные | | | | | | | | |
| | | | Стенка от 5 | — | 210 | 14 | — | — | — | — | |
| Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность) | | | Стенка от 5 | 230 | 310 | 8 | — | — | — | — | |
| Закаленное и естественно состаренное состояние | | | Трубы катаные, тянутые | | | | | | | | |
| | | | Всех размеров | — | 210 | 14 | — | — | — | — | |
| Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность) | | | Всех размеров | — | 310 | 8 | — | — | — | — | |
| Технологические характеристики [42] | | | | | | | | | | | |
| Пластическая деформация | | | | | | | | | | | |
| Сплав хорошо деформируется в горячем и холодном состояниях. Пластичность сплава при температуре обработки давлением 450–500°C высокая. Допустимая степень деформации за один нагрев 85%. Для обеспечения высокой пластичности при холодной деформации сплав отжигают при температуре 380–420°C в течение 10–60 мин, охлаждение со скоростью 30°C/ч до 260°C, далее на воздухе. Для снятия технологического наклепа, полученного в результате холодной деформации, отжиг рекомендуется проводить при температуре 350–370°C в течение 0,5–1,5 ч, охлаждение на воздухе. | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обработываемость резанием | | | | | |
| Хорошо сваривается. Способы сварки: РД и КТ. Рекомендуется присадочная сварочная проволока Св–Ак5 | | | | | | Сплав в отожженном состоянии неудовлетворительно обрабатывается резанием, в естественно и искусственно состаренном состоянии — удовлетворительно | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|---|---|---|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|--------|--------------|
| M1, M2, M3 | | Листы и полосы медные — ГОСТ 1173–2006. Трубы медные — ГОСТ 617–2006. Ленты медные — ГОСТ 1173–2006. Прутки медные — ГОСТ 1535–2006. Трубки медные и латунные тонкостенные — ГОСТ 11383–75. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 859–2001 | | | | | | | | | | | | Марка сплава |
| Cu | Ni | S | Sn | Pb | Fe | Sb | As | Bi | Zn | Ag | O | |
| ≥ 99,9 | ≤ 0,002 | ≤ 0,004 | ≤ 0,002 | ≤ 0,005 | ≤ 0,005 | ≤ 0,002 | ≤ 0,002 | ≤ 0,001 | ≤ 0,004 | ≤ 0,003 | ≤ 0,05 | M1 |
| ≥ 99,7 | ≤ 0,20 | ≤ 0,010 | ≤ 0,05 | ≤ 0,01 | ≤ 0,05 | ≤ 0,005 | ≤ 0,01 | ≤ 0,002 | — | — | ≤ 0,07 | M2 |
| ≥ 99,5 | ≤ 0,20 | ≤ 0,010 | ≤ 0,05 | ≤ 0,05 | ≤ 0,05 | ≤ 0,05 | ≤ 0,01 | ≤ 0,003 | — | — | ≤ 0,08 | M3 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 1173–2006 | Состояние материала | | | 600×1500, 600×2000, 710×1410, 800×2000, 1000×2000 толщина 0,4–1,6 (через 0,1 мм) 1,8–2,2 (через 0,2 мм) 2,5–7,0 (через 0,5 мм) 8,0–12,0 (через 1,0 мм) | Листы и ленты холоднокатаные | | | | | | | |
| | Твердое состояние | | | | — | 290 | 3 | — | — | — | — | 95 |
| | Полутвердое состояние | | | | — | 250–310 | 12 | — | — | — | — | 75 |
| | Мягкое отожженное состояние | | | | — | 200–260 | 36 | — | — | — | — | 55 |
| Мягкое отожженное состояние | | | Ширина 600–1800 (через 50 мм) свыше 1800–3000 (через 100 мм) длина 1000–6000 (через 100 мм) | Листы горячекатаные | | | | | | | | |
| | | | — | 200 | 30 | — | — | — | — | 60 | | |

Механические свойства холоднокатаных листов и полос должны соответствовать приведенным в таблице.

Примечания.

1. Твердость — справочные данные.

2. Относительное удлинение (δ) определяется для листов и полос толщиной 0,5 мм и более. Значения относительного удлинения (δ) для листов и полос толщиной до 0,4 мм являются справочными.

3. Верхний предел временного сопротивления (σ_b) может быть выше, но не более чем на 20 Н/мм² при сохранении минимального относительного удлинения (δ), приведенного в таблице.

4. По требованию заказчика:

холоднокатаные листы и полосы повышенной точности и пластичности в мягком состоянии при толщине до 5 мм должны иметь $\sigma_b = 220–260$ Н/мм² и δ не менее 40%;

механические свойства горячекатаных листов должны соответствовать: σ_b не менее 200 Н/мм²; δ не менее 30%; HB (справочные данные) — 60.

5. Холоднокатаные мягкие листы и полосы и горячекатаные листы должны выдерживать испытание на изгиб в холодном состоянии вокруг оправки диаметром, равным толщине листа или полосы, без появления трещин и расслоений.

Испытания на изгиб при толщине листов и полос до 5 мм включительно должны проводиться до соприкосновения сторон; при толщине 5,5 мм и более — до параллельности сторон.

Холоднокатаные полутвердые листы и полосы толщиной от 1,0 до 10 мм должны выдерживать испытания на изгиб в холодном состоянии на 90° без появления следов надрывов и трещин вокруг оправки с радиусом закругления, равным толщине листа или полосы.

Листы из раскисленной меди должны выдерживать испытания на изгиб после отжига в водородной среде.

| M1, M2, M3 | | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | |
|---------------|----------------------|-------|---|---|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 617–2006 | Состояние материала | | | φ _n 3–360 толщина стенки | Трубы тянутые и холоднокатаные | | | | | | |
| | Мягкое | | | | — | 200 | 38 | — | — | — | — |
| | Полутвердое | | | 0,8–10,0; φ _n 30–280 | — | 240 | 10 | — | — | — | — |
| | Твердое | | | толщина стенки | — | 280 | 3 | — | — | — | — |

Примечания.

1. Механические свойства труб должны соответствовать приведенным в таблице.
2. Толщина стенки выбирается по ГОСТ 617–2006 в зависимости от наружного диаметра трубы.
3. Мягкие трубы испытывают в состоянии поставки.
4. Твердые и полутвердые трубы должны выдерживать испытание на сплющивание после отжига.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|----------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 1173–2006 | Состояние материала | | | 0,05–2,00 | Лента | | | | | | |
| | Мягкое | | | | — | 200–260 | 36 | — | — | — | 55 |
| | Полутвердое | | | | — | 250–310 | 15 | — | — | — | 75 |
| | Твердое | | | | — | 290 | 3 | — | — | — | 95 |

Примечания.

1. Верхний предел временного сопротивления ($\sigma_{в}$) может быть выше, но не более чем на 20 Н/мм² при сохранении относительного удлинения (δ), указанного в таблице.
2. Относительное удлинение после разрыва (δ) для лент шириной 300–600 мм в твердом состоянии (для образцов, вырезанных поперек прокатки) допускается не менее 2%.
3. Механические свойства для лент толщиной менее 0,3 мм являются справочными.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | δ_{10} , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|-------------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 1535–2006 | Тянущие мягкие | | | φ 3–50 | Прутки | | | | | | |
| | Тянущие полутвердые | | | | — | 200 | 40 | 35 | — | — | — |
| | Тянущие твердые | | | φ 3–50 | — | 240 | 15 | 10 | — | — | — |
| | Прессованные | | | φ 3–50 | — | 270 | 8 | 5 | — | — | — |
| | | | | φ 20–150 | — | 190 | 35 | 30 | — | — | — |
| | | | | | Прутки высшей категории качества | | | | | | |
| Тянущие мягкие | | | φ 3–50 | — | 210 | 45 | 40 | — | — | — | |
| Тянущие полутвердые | | | φ 3–50 | — | 240 | 17 | 15 | — | — | — | |
| Тянущие твердые | | | φ 3–50 | — | 290 | 8 | 6 | — | — | — | |

Примечание.

Относительное удлинение определяют на длинных и коротких образцах.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ_{10} , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|-------------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 11383–75 | Мягкое состояние | | | φ _n 1,5–28,0 толщина стенки | Трубы | | | | | | |
| | Твердое состояние | | | | — | 210 | 35 | — | — | — | — |
| | | | 0,35–0,70 | — | 340 | 2 | — | — | — | — | |

| M1, M2, M3 | | | Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | |
|------------|----------------------|-------|---|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRB | HV |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [41] | ПС | | | — | 39–59 | 196–255 | 40–46 | — | — | 33–45 | — |

Назначение. Для проводников тока, проката и высококачественных бронз, не содержащих олова, сплавов на медной основе обычного качества и прочих литейных сплавов.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 360°C (ПНАЭГ–7–008–89).

| Предел выносливости, Н/мм ² [41] | | | | Термообработка | Жаростойкость [32, 33] | | | | |
|---|---------------|---|-------------------|----------------|------------------------|----------|-------|--|---------------------------|
| t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | Марка сплава | Среда | t, °C | Увеличение массы, $\Delta m/v$, г/см ³ | Длительность испытания, ч |
| 20 | 69–98 | — | 3·10 ⁸ | — | M1 | Кислород | 700 | 12 | 24 |
| НД | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | 800 | | | 19,1 | 24 | |
| | | 1·10 ³ | | 900 | | | 44,0 | 24 | |
| [41] | 400 | 39 | | | | | | | |

Технологические характеристики [42]

| Температура литья, °C | Линейная усадка, % | Жидкотекучесть, мм | Температура отжига — рекристаллизации, °C | Температура горячей обработки давлением, °C | Температура прессования, °C | Максимальное суммарное обжатие при холодной деформации (прокатка, волочение), % |
|-----------------------|--------------------|--------------------|---|---|-----------------------------|---|
| 1150 | 2,0–2,1 | 350 | 375–650 | 950–750 | 900–850 | До 90 |

| Свариваемость | | Обрабатываемость резанием, % (по отношению к обрабатываемости латуни ЛС63–3) | |
|---------------------------------------|--------------------------|---|--|
| Вид | Показатель | | |
| Мягкая пайка | 4 (хороший) | | |
| Твердая пайка | 3 (удовлетворительный) | 20 | |
| Газовая сварка плавлением | 2 (неудовлетворительный) | | |
| Газовая сварка в среде инертного газа | 5 (отличный) | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | |
|--|-----------|--|--------|---------|---------|--------|-----------|--------------|
| ЛО62-1, ЛО70-1 | | Листы и полосы латунные — ГОСТ 931-90. Прутки латунные — ГОСТ 2060-2006. Трубы латунные для теплообменных аппаратов — ГОСТ 21646-2003. | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 15527-2004 | | | | | | | | Марка сплава |
| Cu | Sn | Pb | Fe | Sb | Bi | P | Zn | |
| 61,0-63,0 | 0,70-1,10 | ≤ 0,10 | ≤ 0,10 | ≤ 0,005 | ≤ 0,002 | ≤ 0,01 | остальное | ЛО62-1 |
| 69,0-71,0 | 1,00-1,50 | ≤ 0,07 | ≤ 0,07 | ≤ 0,005 | ≤ 0,002 | ≤ 0,01 | остальное | ЛО70-1 |

Примечания.

1. Примеси, не указанные в таблице, учитываются в общей сумме примесей. Содержание примеси никеля допускается до 0,5% за счет содержания меди.

2. Содержание отдельных примесей может корректироваться по соглашению изготовителя с потребителем.

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------|-------------------|---|------------------------------------|---|-------------------|------------|-------------------------|-----|-----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ_{10} , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 931-90 | Марка материала и состояние | | | Лист, толщина от 1,0 до 10,0 ширина до 1000 Полоса, толщина от 1,0 до 10,0 ширина до 600 | — | 390 | 5 | — | — | — | 145 |
| | ЛО62-1 Холоднокатаные Состояние материала — твердый | | | | | | | | | | |
| | Горячекатаные | | | Лист, толщина от 5,0 до 25,0 ширина от 600 до 2500 | — | 340-440 ¹ | 20 | — | — | — | — |

¹ Верхний предел временного сопротивления ($\sigma_{\text{в}}$) может быть выше, но не более чем на 20 Н/мм² при сохранении относительного удлинения (δ) не менее приведенного в таблице выше.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ_{10} , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-----------------|-----------------------------|-------|-------------------|---|--------------------------------------|---|-------------------|------------|-------------------------|--------|--------------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 2060-2006 | Марка материала и состояние | | | Прутки ϕ 10-160 Тянутые полутвердые ϕ 3-50 | — | 360 390 | 20 15 | — — | — — | — — | — 100 |
| | ЛО62-1 | | | | | | | | | | |
| | Прессованные | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ_{10} , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HV |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 21646-2003 | Марка материала и состояние | | | Трубы $\phi_{\text{н}}$ 10-50 Полутвердое $\phi_{\text{н}}$ 10-50 Мягкое $\phi_{\text{н}}$ 10-50 | 150 ² 100 ² | 360 320 | 40 45 | — — | — — | — — | 80-125 ² — |
| | ЛО70-1 | | | | | | | | | | |
| | Полутвердое | | | | | | | | | | |

² Значения условного предела текучести ($\sigma_{0,2}$) и твердости (HV) являются справочными.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ_{10} , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|----------------------|-------|-------------------|--------------|------------------------------------|---|-------------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [41] | ЛО62-1 | | | До ϕ 50 | — | 392 | 40 | — | — | — | — |
| | ЛО70-1 | | | ϕ 50 | — | 343 | 62 | — | — | — | — |

| |
|-----------------------|
| ЛО62-1, ЛО70-1 |
|-----------------------|

Назначение. Применяют в судостроении, приборостроении.

ЛО62-1 — Трубы для конденсаторов и теплообменников в морском судостроении, детали контактирующие с бензином, прутки, листы, полосы для приборостроения.

ЛО70-1 — Трубы для конденсаторов и теплообменников в морском судостроении, трубы для коррозионно-активных жидкостей, листы, ленты, проволока для приборостроения.

ЛО62-1 — структура α+β.

ЛО70-1 — структура α.

Гарантируемые механические свойства полуфабрикатов

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------------|-----------------------------|-------|-------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------|------|-------------------------|---------|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Марка материала и состояние | | | Толщина 1,0–10,0 | Листы, полосы | | | | | | |
| | ЛО62-1 | | | | — | 400 | 5 | — | — | — | — |
| | Состояние — твердое | | | Ø 10–160 | Прутки | | | | | | |
| | Состояние — прессованное | | | | — | 350 | 20 | — | — | — | — |
| | Состояние — тянутое | | | Ø 3–50 | Прутки, проволока | | | | | | |
| | Состояние — мягкое | | | | — | 400 | 15 | — | — | — | 100 |
| | Марка материала и состояние | | | Ø _n 3–195 | Трубы | | | | | | |
| | ЛО70-1 | | | | — | 314–370 | 55–65 | — | — | — | 47–64 |
| Отожженные | | | — | | 568–735 | 3–10 | — | — | — | 137–152 | |
| Состояние — твердое | | | — | | 568–735 | 3–10 | — | — | — | 137–152 | |

Типичные механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ | E, кН/мм ² |
|---------------------|-----------------------------|-------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|-----------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Марка материала и состояние | | | — | 150 | 400 | 40 | — | 77 | 80 | 105 |
| | ЛО62-1 | | | | | | | | | | |
| | Состояние — мягкое | | | — | 600 | 700 | 5 | — | — | 145 | — |
| | Состояние — твердое | | | — | 100 | 350 | 60 | — | 62 | 60 | 105 |
| | ЛО70-1 | | | | | | | | | | |
| | Состояние — мягкое | | | — | 580 | 680 | 4 | — | — | 150 | — |
| Состояние — твердое | | | — | 580 | 680 | 4 | — | — | 150 | — | |

Коррозионная стойкость [42]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|---|-------|-----------------|----------------|
| Общая | Высокая коррозионная стойкость в морской воде | | | |
| Точечная | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | |
| Межкристаллитная | | | | |

Технологические характеристики [42]

| Марка сплава | Температура литья, °C | Линейная усадка, % | Жидкотекучесть, мм | Температура горячей деформации, °C | Температура полного отжига, °C | Температура отжига для уменьшения остаточных напряжений, °C | Коэффициент трения со смазкой | Коэффициент трения без смазки |
|--------------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|
| ЛО62-1 | 1060–1110 | 1,78 | 520 | 700–750 | 550–650 | 400–500 | — | — |
| ЛО70-1 | 1150–1180 | 1,71 | 490 | 650–850 | 560–720 | 400–500 | 0,0082 | 0,3 |

Обрабатываемость резанием, % (по отношению к обрабатываемости латуни ЛС63-3)

40 (ЛО62-1)

35 (ЛО70-1)

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------|-----|---------|
| ЛОМш70-1-0,05 | | Трубы латунные — ГОСТ 494-90. Трубы латунные для теплообменных аппаратов — ГОСТ 21646-2003. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 15527-2004 | | | | | | | | | | | |
| Основной компонент | | | | Примесь | | | | | | | |
| Cu | Sn | As | Zn | Pb | Fe | Sb | Bi | P | Всего | | |
| 69,0-71,0 | 1,00-1,50 | 0,025-0,060 | остальное | ≤ 0,07 | ≤ 0,10 | ≤ 0,005 | ≤ 0,002 | ≤ 0,01 | ≤ 0,30 | | |
| Гарантируемые механические свойства деформируемых специальных латуней при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 494-90 | Состояние материала | | | Трубы | в пределах | | | | | | |
| | Мягкое | | | ø 3-195 | 310-375 | — | 50-60 | — | — | — | 49-59 |
| | Твердое | | | ø 3-195 | 670-690 | — | 2-4 | — | — | — | 137-147 |
| Назначение. Трубы, детали теплотехнической аппаратуры, морского судостроения. | | | | | | | | | | | |
| Фазовый состав — α -фаза. | | | | | | | | | | | |
| Типичные механические свойства деформируемых специальных латуней | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Состояние материала | | | — | не менее | | | | | | |
| | Мягкое | | | | 95 | 300 | 55 | — | — | — | 57 |
| | Твердое | | | | — | 350 | 3 | — | — | — | 145 |
| Коррозионная стойкость [42] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | |
| Общая | | Наличие мышьяка (As) в латуни предохраняет от обесцинкования, так как образующаяся на поверхности изделия прочная пленка защищает латунь от коррозионного действия морской воды. | | | | | | | | | |
| Точечная | | Латунь с высоким содержанием цинка (Zn) склонна к самопроизвольному коррозионному растрескиванию. | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Для предотвращения растрескивания латунные полуфабрикаты и изделия подвергаются отжигу при 650-850°C, при котором уменьшаются остаточные напряжения, но не снижается их прочность. | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [42] | | | | | | | | | | | |
| Температура литья, °C | Линейная усадка, % | Жидкотекучесть, мм | Температура горячей деформации, °C | Температура полного отжига, °C | Температура отжига для уменьшения остаточных напряжений, °C | Коэффициент трения со смазкой | Коэффициент трения без смазки | | | | |
| 1150-1180 | — | — | 650-850 | 560-720 | 400-500 | — | — | | | | |
| Латунь хорошо паяется мягкими и твердыми припоями и сваривается легче чем медь | | | | | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|---|-------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------|------|-------------------------|-----|----|---------|
| Л63, Л68 | | Трубы латунные — ГОСТ 494–90. Прутки латунные — ГОСТ 2060–2006. Листы и полосы латунные — ГОСТ 931–90, ГОСТ 2208–2007. Трубки медные и латунные тонкостенные — ГОСТ 11383–75. Трубы латунные — ГОСТ 21646–2003. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 15527–2004 | | | | | | | Марка сплава | | | | | |
| Cu | Pb | Fe | Sb | Bi | P | Zn | | | | | | |
| 62,0–65,0 | ≤ 0,07 | ≤ 0,20 | ≤ 0,005 | ≤ 0,002 | ≤ 0,01 | остальное | Л63 | | | | | |
| 67,0–70,0 | ≤ 0,03 | ≤ 0,10 | ≤ 0,005 | ≤ 0,002 | ≤ 0,01 | остальное | Л68 | | | | | |
| Гарантируемые механические свойства полуфабрикатов | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ----- | | | | не менее или в пределах | | | | | | | | |
| ГОСТ 15527–2004, ГОСТ 931–90, ГОСТ 2208–2007, ГОСТ 2060–2006, ГОСТ 1066–90, ГОСТ 2205–71, ГОСТ 494–90 | Марка материала и состояние | | | Толщина | Листы, ленты, полосы | | | | | | | |
| | Л63 | | | | 0,4–12 | — | 290–400 | 38 | — | — | — | 70 |
| | Мягкое | | | | 0,4–12 | — | 340–470 | 20 | — | — | — | 105 |
| | Полутвердое | | | | 0,4–12 | — | 410–570 | 8 | — | — | — | 135 |
| | Твердое | | | | 0,05–2 | — | 510–640 | 4 | — | — | — | 160 |
| | Особо твердое | | | | 0,1–12 | — | 610 | — | — | — | — | 180 |
| | Пружинно твердое | | | | 0,1–12 | — | 610 | — | — | — | — | 180 |
| | Прессованное | | | | ø 10–160 | Прутки | | | | | | |
| | | | | | ø 10–160 | — | 290 | 30 | — | — | — | 65–120 |
| | | | | | ø 3–50 | Прутки тянутые и холоднокатаные | | | | | | |
| | Мягкое | | | | ø 3–50 | — | 290 | 40 | — | — | — | 65–120 |
| | Полутвердое | | | | ø 3–40 | — | 370 | 15 | — | — | — | 121–165 |
| | Твердое | | | | ø 3–12 | — | 440 | 10 | — | — | — | 161 |
| | | | | | ø 1,1–4,8 | Проволока | | | | | | |
| | Мягкое | | | | ø 1,1–4,8 | — | 350 | 30 | — | — | — | — |
| | Полутвердое | | | | ø 1,1–4,8 | — | 400 | 10 | — | — | — | — |
| | Твердое | | | | ø 1,1–4,8 | — | 600–800 | — | — | — | — | — |
| | | | | | ø 5–12 | Проволока | | | | | | |
| Мягкое | | | ø 5–12 | — | 320 | 34 | — | — | — | — | | |
| Полутвердое | | | ø 5–12 | — | 360 | 12 | — | — | — | — | | |
| Твердое | | | ø 12 | — | 550–750 | — | — | — | — | — | | |
| | | | ø 3–195 | Трубы тянутые и холоднокатаные | | | | | | | | |
| Мягкое | | | ø 3–195 | — | 300 | 38 | — | — | — | — | | |
| Полутвердое | | | ø 3–195 | — | 340 | 30 | — | — | — | — | | |
| Прессованное | | | ø 42–250 | Трубы | | | | | | | | |
| | | | ø 42–250 | — | 280 | 38 | — | — | — | — | | |
| ГОСТ 15527–2004, ГОСТ 2208–2007, ГОСТ 931–90, ГОСТ 494–90, ГОСТ 11383–75, ГОСТ 1018–77, ГОСТ 5362–78 | Марка материала и состояние | | | Толщина | Листы, ленты, полосы | | | | | | | |
| | Л68 | | | | 0,1–12 | — | 290–390 | 42 | — | — | — | 70 |
| | Мягкое | | | | 0,1–12 | — | 340–470 | 20 | — | — | — | 105 |
| | Полутвердое | | | | 0,1–12 | — | 430–540 | 10 | — | — | — | 125 |
| | Твердое | | | | 0,1–2 | — | 520 | — | — | — | — | 155 |
| | Особо твердое | | | | 0,1–2 | — | 520 | — | — | — | — | 155 |
| | | | | | ø 3–195 | Трубы тянутые и холоднокатаные | | | | | | |
| | Мягкое | | | | ø 3–195 | — | 290 | 40 | — | — | — | — |
| | Полутвердое | | | | ø 3–195 | — | 350 | 30 | — | — | — | — |
| | Твердое | | | | ø 3–195 | — | 440 | 10 | — | — | — | — |
| | | | | | ø 1,5–12 | Проволока | | | | | | |
| | Мягкое | | | | ø 1,5–12 | — | 300 | 40 | — | — | — | — |
| Полутвердое | | | ø 1,5–12 | — | 350 | 15 | — | — | — | — | | |
| Твердое | | | ø 1,5–12 | — | 550–750 | — | — | — | — | — | | |

Л63, Л68

Назначение. Листы, ленты, полосы, прутки, трубы, проволока, фольга, профили, проволочные сети, радиаторные ленты, трубы для теплообменников, детали получаемые глубокой вытяжкой.

Типичные механические свойства двойных латуней

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
|---------------------|-----------------------------|-------|----------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Марка материала и состояние | | | — | 120 | 380 | 45 | — | 14 | — | 68 |
| | Л63 | | | | | | | | | | |
| | Состояние — мягкое | | | — | 540 | 690 | 4 | — | — | — | 155 |
| | Состояние — твердое | | | | | | | | | | |
| | Марка материала и состояние | | | — | 135 | 330 | 55 | — | — | — | 65 |
| | Л68 | | | | | | | | | | |
| Состояние — мягкое | | | — | 550 | 700 | 3 | — | — | — | 150 | |
| Состояние — твердое | | | | | | | | | | | |

Технологические характеристики [42]

| Марка сплава | Температура литья, °C | Линейная усадка, % | Жидкотекучесть, мм | Температура горячей деформации, °C | Температура полного отжига, °C | Температура отжига для уменьшения остаточных напряжений, °C | Коэффициент трения со смазкой | Коэффициент трения без смазки |
|--------------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|
| Л63 | 1060–1100 | 1,77 | 65 | 650–850 | 660–670 | 300 | 0,012 | 0,390 |
| Л68 | 1100–1160 | 1,92 | 63 | 750–830 | 520–650 ¹ | 260–270 ¹ | — | — |

¹ Кроме тонких лент.

Обработываемость резанием, % (по отношению к обрабатываемости латуни ЛС63–3)

40 (Л63)

30 (Л68)

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|---|----------------------------------|-------------------------------|------------|-------------------------|-----|---------|-------------------------|
| ЛС59-1 | | Листы и полосы латунные — ГОСТ 931-90. Прутки латунные — ГОСТ 2060-2006. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 15527-2004 | | | | | | | | | | | | |
| Основной компонент | | | | Примесь | | | | | | | | |
| Cu | Pb | Zn | Fe | Sb | Bi | P | Всего | | | | | |
| 57,0-60,0 | 0,80-1,40 | остальное | ≤ 0,50 | ≤ 0,01 | ≤ 0,03 | ≤ 0,02 | ≤ 0,25 | | | | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HV | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| ГОСТ 2060-2006 | Состояние материала | | | Прутки ø 10-50 | — | 360 | 18 | — | — | — | — | 80-140 |
| | Прессованные | | | | | | | | | | | |
| | Тянутые мягкие | | | ø 3-50 | — | 330 | 22 | — | — | — | — | 80-140 |
| | Тянутые полутвердые | | | ø 3-12 | — | 410 | 8 | — | — | — | — | 121-170 |
| | | | | ø 13-20 | — | 390 | — | — | — | — | — | 121-170 |
| Тянутые твердые | | | ø 21-40 | — | 390 | — | — | — | — | — | 121-170 | |
| | | | ø 3-12 | — | 490 | 5 | — | — | — | — | ≥ 171 | |
| Назначение. Листы, проволока, ленты, трубы, полосы, гайки, кольца, прокладки, штопоры, ниппеля, тяги, втулки и др. | | | | | | | | | | | | |
| Гарантируемые механические свойства полуфабрикатов | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах |
| ГОСТ 15527-2004, ГОСТ 931-90, ГОСТ 2208-2007 | Состояние материала | | | Толщина | Листы, ленты, полосы | | | | | | | |
| | Мягкое | | | | 0,14-12 | — | 340-490 | 25 | — | — | — | — |
| | Твердое | | | 0,10-10 | — | 460-640 | 5 | — | — | — | — | |
| | Особо твердое | | | 0,35-1,20 | — | 590 | 3 | — | — | — | — | |
| ГОСТ 2060-2006, ГОСТ 494-90, ГОСТ 6688-91 | Твердое | | | ø 5-12 | Прутки тянутые | | | | | | | |
| | | | | | — | 420 | 8 | — | — | — | — | |
| | Прессованное | | | ø 10-100 | Прутки, трубы, полосы | | | | | | | |
| | | | | | — | 370 | 18 | — | — | — | — | 70-140 |
| | | | | | ø 3-195 | — | 400 | 20 | — | — | — | — |
| | | | ø 1,0-10 | — | 380 | 21 | — | — | — | — | | |
| Типичные механические свойства деформируемых специальных латуней | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее |
| [42] | Состояние материала | | | — | 140 | 400 | 45 | — | 5 | — | 85 | |
| | Состояние — мягкое | | | | | | | | | | | |
| | Состояние — твердое | | | | | | | | | | | — |
| Технологические характеристики [42] | | | | | | | | | | | | |
| Температура литья, °C | Линейная усадка, % | Жидкотекучесть, мм | Температура горячей деформации, °C | Температура полного отжига, °C | Температура отжига для уменьшения остаточных напряжений, °C | Коэффициент трения со смазки | Коэффициент трения без смазки | | | | | |
| 1030-1080 | 2,23 | 51 | 640-780 | 600-650 | 285 | 0,0135 | 0,17 | | | | | |
| Обрабатываемость резанием, % (по отношению к обрабатываемости латуни ЛС63-3) | | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------|--------|-----|
| ЛЖМц59-1-1 | | Трубы латунные — ГОСТ 494-90. Прутки латунные — ГОСТ 2060-2006. Прутки латунные прямоугольного сечения — ГОСТ 6688-91. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 15527-2004 | | | | | | | | | | | |
| Основной компонент | | | | | | Примесь | | | | | |
| Cu | Fe | Mn | Al | Sn | Zn | Pb | Bi | Sb | P | Всего | |
| 57,0–60,0 | 0,60–1,20 | 0,50–0,80 | 0,10–0,40 | 0,30–0,40 | остальное | ≤ 0,20 | ≤ 0,003 | ≤ 0,01 | ≤ 0,01 | ≤ 0,25 | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 2060-2006 | Состояние материала | | | Прутки Ø 10–160 | не менее или в пределах | | | | | | |
| | Прессованные | | | | — | 430 | 28 | — | — | — | — |
| | Тянутые полутвердые | | | | Ø 3–12 | — | 430 | 28 | — | — | — |
| | | | Ø 13–50 | — | 430 | 17 | — | — | — | — | |
| Назначение. Для изготовления полос, листов, прутков, детали трения (кольца, втулки, вкладыши подшипников), детали морских судов и самолетов. | | | | | | | | | | | |
| Гарантируемые механические свойства полуфабрикатов | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 15527-2004, ГОСТ 2060-2006, ГОСТ 494-90 | Состояние материала | | | Ø 50–195 | Трубы | | | | | | |
| | Прессованное | | | | — | 440 | 28 | — | — | — | — |
| | Тянущее полутвердое | | | Ø 5–12 | — | 500 | 15 | — | — | — | 130 |
| | Прессованное | | | Ø 10–160 | — | 450 | 17 | — | — | — | 130 |
| ГОСТ 6688-91 | Прессованное | | | Ø 10–160 | Полосы | | | | | | |
| | | | | | — | 440 | 18 | — | — | — | — |
| Типичные механические свойства деформируемых специальных латуней | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Состояние материала | | | — | не менее | | | | | | |
| | Состояние — мягкое | | | | 170 | 450 | 50 | — | 120 | — | 88 |
| | Состояние — твердое | | | | — | 450 | 700 | 8 | — | — | — |
| Коррозионная стойкость [42] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | |
| Общая | | Обладает хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях, в пресной и морской воде | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [42] | | | | | | | | | | | |
| Температура литья, °C | Линейная усадка, % | Жидкотекучесть, мм | Температура горячей деформации, °C | Температура полного отжига, °C | Температура отжига для уменьшения остаточных напряжений, °C | Коэффициент трения со смазкой | | Коэффициент трения без смазки | | | |
| 1040–1050 | 2,14 | 83 | 680–730 | 600–650 | — | 0,012 | | 0,39 | | | |
| Обработываемость резанием, % (по отношению к обработываемости латуни ЛС63-3) | | | | | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|-------------------------------|------------|-------------------------|---------|-------|
| ЛАМш77-2-0,05 | | Сплавы медно-цинковые (латуни) — ГОСТ 15527-2004. Трубы — ГОСТ 21646-2003. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 15527-2004 | | | | | | | | | | | |
| Основной компонент | | | | Примесь | | | | | | | |
| Cu | Al | As | Zn | Pb | Fe | Sb | Bi | P | Всего | | |
| 76,0-79,0 | 1,70-2,50 | 0,025-0,060 | остальное | ≤ 0,07 | ≤ 0,10 | ≤ 0,005 | ≤ 0,002 | ≤ 0,01 | ≤ 0,30 | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | ККУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 21646-2003 | Состояние материала | | | Трубы | | | | | | | |
| | ----- | | | | | | | | | | |
| | Мягкое | | | ø 3-195 | — | 320 | 42 | — | — | — | — |
| Полутвердое | | | ø 3-195 | — | 370 | 40 | — | — | — | — | |
| Назначение. Трубные доски для конденсаторов и теплообменников, стойкие в морской воде и другие детали морских судов. Трубы для теплообменных аппаратов. | | | | | | | | | | | |
| Гарантируемые механические свойства полуфабрикатов | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | ККУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 15527-2004 | Состояние материала | | | Трубы | | | | | | | |
| | ----- | | | | | | | | | | |
| | Мягкое | | | ø 3-195 | — | 245-340 | 40-55 | — | — | — | 59-68 |
| Твердое | | | ø 3-195 | — | 490-590 | 3-5 | — | — | — | 157-167 | |
| Типичные механические свойства деформируемых специальных латуней | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | ККУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Состояние материала | | | | | | | | | | |
| | ----- | | | | | | | | | | |
| | Состояние — мягкое | | | — | — | 320 | 50 | — | 102 | — | 65 |
| Состояние — твердое | | | — | — | 550 | 4 | — | — | — | 165 | |
| Технологические характеристики [42] | | | | | | | | | | | |
| Температура литья, °C | Линейная усадка, % | Жидкотекучесть, мм | Температура горячей деформации, °C | Температура полного отжига, °C | Температура отжига для уменьшения остаточных напряжений, °C | Коэффициент трения со смазкой | Коэффициент трения без смазки | | | | |
| 1100-1050 | — | — | — | 600-650 | 300 | — | — | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------|--------|---------|
| ЛЦ23А6ЖЗМц2 (ЛАЖМц 66–6–3–2) | | Сплавы медно-цинковые (латуни) — ГОСТ 15527–2004. Литейная латунь — ГОСТ 17711–93. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 15527–2004 | | | | | | | | | | | |
| Основной компонент | | | | | Примесь | | | | | | |
| Cu | Fe | Mn | Al | Zn | Pb | Sb | Sn | Si | Ni | Всего | |
| 64,0–68,0 | 2,00–4,00 | 1,30–3,00 | 4,00–7,00 | остальное | ≤ 0,70 | ≤ 0,10 | ≤ 0,70 | ≤ 0,30 | ≤ 1,00 | ≤ 1,80 | |
| Гарантируемые механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 17711–93 | Способ литья | | | — | 685 | 690 | 7 | — | — | — | 160 |
| | В песчаные формы | | | | | | | | | | |
| | В кокиль | | | | | | | | | | |
| | Центробежное | | | | | | | | | | |
| Назначение. Детали ответственного назначения, работающие при высоких удельных напряжениях, при изгибе, а также антифрикционные детали. | | | | | | | | | | | |
| Типичные механические свойства литейных латуней | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Способ литья | | | — | 300–350 | 690 | 7–10 | — | 14 | — | 100–170 |
| | В песчаные формы | | | | | | | | | | |
| | В кокиль | | | | | | | | | | |
| | Центробежное | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [42] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | |
| Общая | | Высокие антифрикционные свойства, высокая стойкость против износа. | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | |
| | | Хорошая коррозионная стойкость | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [42] | | | | | | | | | | | |
| Температура литья, °C | Линейная усадка, % | Жидкотекучесть, мм | Температура горячей деформации, °C | Температура полного отжига, °C | Температура отжига для уменьшения остаточных напряжений, °C | Коэффициент трения со смазкой | | Коэффициент трения без смазки | | | |
| — | 1,7 | 470 | — | — | — | — | | — | | | |
| Обрабатываемость резанием, % (по отношению к обрабатываемости латуни ЛС63–3) | | | | | | | | | | | |

| | | |
|---|------------------------|--|
| Марка сплава | Вид поставки | |
| МНЖ5-1 (мельхиор) (CuNi5Fe1Mn) | Трубы — ГОСТ 17217-79. | |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 492-2006

| Основной компонент | | | | Примесь | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------|---------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Mn | Ni+Co | Fe | Cu | Si | Pb | S | C | P | Bi | As | Sb | Zn | Sn | Всего |
| 0,30-0,80 | 5,0-6,5 | 1,0-1,4 | остальное | ≤ 0,15 | ≤ 0,005 | ≤ 0,01 | ≤ 0,03 | ≤ 0,04 | ≤ 0,002 | ≤ 0,01 | ≤ 0,005 | ≤ 0,50 | ≤ 0,10 | ≤ 0,70 |

Примечание.

За счет содержания Ni допускается содержание Co до 0,50%.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
|---------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|---|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|---|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| ГОСТ 17217-79 | Прессованные | | | | ø 6-46 Толщина стенки 0,5-6,0 Свыше ø 46-145 Толщина стенки 2,0-6,0 Свыше ø 145-260 Толщина стенки 3,0-6,0 | не менее | | | | | | — | — |
| | | | | | | — | 225 | 25 | — | — | — | | |
| ГОСТ 17217-79 | Тянутые (отожженные) | | | | ø 6-46 Толщина стенки 0,5-6,0 Свыше ø 46-145 Толщина стенки 2,0-6,0 Свыше ø 145-260 Толщина стенки 3,0-6,0 | не менее | | | | | | — | — |
| | | | | | | — | 255 | 30 | — | — | — | | |

Назначение. Предназначается для теплообменного оборудования и труб для конденсаторов, работающих в контакте с морской водой. Трубы, детали для электротехники и приборостроения.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 200°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сплав коррозионно-стойкий, хорошо деформируется в холодном состоянии.

Гарантируемые механические свойства полуфабрикатов

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
|------------------------------|----------------------------|-------|-------------------|---------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|---|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 492-2006, ГОСТ 17217-79 | Состояние материала Мягкое | | | 0,5-20,0 | не менее или в пределах | | | | | | — | — |
| | Листы холоднокатаные | | | | — | 216-255 | 50-60 | — | — | — | | |
| | Горячекатаное | | | 4,5-22,0 | Листы | | | | | | — | — |
| | Прутки | | | | — | 390-490 | 5-10 | — | — | — | | |
| | Прессованное | | | ø 60 | Трубы | | | | | | — | — |
| | Прессованное | | | | — | 250 | 30 | — | — | — | | |
| | Мягкое | | | ø 6-260 | Трубы тянутые | | | | | | — | — |
| | Мягкое | | | | — | 200 | 30 | — | — | — | | |
| | Мягкое | | | ø 1-60 | Листы, полосы | | | | | | — | — |
| | Твердое | | | | — | 260 | 30 | — | — | — | | |
| Мягкое | | | 0,5-20,0 | Листы, полосы | | | | | | — | — | |
| Твердое | | | | — | 294 | 30 | — | — | — | | | |
| Твердое | | | 0,5-20,0 | Листы, полосы | | | | | | — | — | |
| Твердое | | | | — | 392 | 3 | — | — | — | | | |

Типичные механические свойства медно-никелевых деформируемых сплавов

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | | |
|----------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|---|---|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| [24, 42] | Состояние материала | | | — | не менее или в пределах | | | | | | — | — | | |
| | Состояние — мягкое | | | | — | — | 220-260 | — | 50 | — | | | — | 40-50 |
| | Состояние — твердое | | | | — | — | 400-500 | — | 5 | — | | | — | 110-120 |

Технологические характеристики [42]

| Температура литья, °C | Температура горячей деформации, °C | Температура начала рекристаллизации, °C | Температура полного отжига, °C |
|-----------------------|------------------------------------|---|--------------------------------|
| 1120 | 950-1000 | 350 | 650 |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|---|--------------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------------------|-----|---------|
| МНЖМц30-1-1 (мельхиор) | | Трубы тянутые — ГОСТ 492-2006, ГОСТ 5063-73, ГОСТ 10092-2006. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 492-2006 | | | | | | | | | | | |
| Основной компонент | | | | Примесь | | | | | | | |
| Ni+Co | Fe | Cu | Si | Pb | S | P | Всего | | | | |
| 29,0-33,0 | 0,50-1,00 | остальное | ≤ 0,15 | ≤ 0,05 | ≤ 0,01 | ≤ 0,006 | ≤ 0,60 | | | | |
| Гарантируемые механические свойства полуфабрикатов | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 492-2006, ГОСТ 5063-73, ГОСТ 10092- 2006 | Состояние материала | | | Ø 10-60 | Трубы тянутые | | | | | | |
| | Мягкое | | | | — | 363 | 30 | — | — | — | 90-130 |
| | Твердое | | | Ø 10-60 | — | 490 | 10 | — | — | — | 140-190 |
| Назначение. Трубы конденсаторов для морских судов и теплоэнергетики, плиты и пластины для теплообменников с масляным охлаждением, опреснители для получения питьевой воды из морской, аппаратостроение, трубы термостатов, кондиционеры. | | | | | | | | | | | |
| Типичные механические свойства медно-никелевых конструкционных сплавов | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Состояние материала | | | — | — | 350-450 | 40-50 | — | 9 | — | 70 |
| | Состояние — мягкое | | | | | | | | | | |
| | Состояние — твердое | | | — | — | 550-650 | — | — | — | — | 150 |
| Коррозионная стойкость [42] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | |
| Общая | | Отличается высокой коррозионной стойкостью в пресной, морской воде и паре | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [42] | | | | | | | | | | | |
| Температура ликвидуса, °C | Температура литья, °C | Температура начала рекристаллизации, °C | Температура горячей деформации, °C | Температура полного отжига, °C | Температура отжига для уменьшения остаточных напряжений, °C | Коэффициент трения со смазкой | | Коэффициент трения без смазки | | | |
| 1230 | 1330-1350 | 450 | 900-960 | 780-810 | 250-300 | — | | — | | | |
| Обработываемость резанием, % (по отношению к обработываемости латуни ЛС63-3) | | | | | | | | | | | |

| | |
|-----------------------------|---|
| Марка сплава | Вид поставки |
| НМЖМц28–2,5–1,5 (монель) | Никель, сплавы никелевые, обрабатываемые давлением — ГОСТ 492–2006. Листы, полосы, ленты, проволока — НД заводов-изготовителей. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 492–2006

| Основной компонент | | | | Примесь | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|------------|--------|--------|------------|------------|--------|--------|
| Cu | Fe | Mn | Ni+Co | Si | Mg | Pb | S | C | P | Bi | As | Sb |
| 27,0–29,0 | 2,10–3,00 | 1,20–1,80 | остальное | ≤ 0,05 | ≤ 0,10 | ≤ 0,002 | ≤ 0,01 | ≤ 0,20 | ≤ 0,005 | ≤ 0,002 | ≤ 0,01 | ≤ 0,02 |

Назначение. Антикоррозионные детали для теплоэнергетики и АЭС.

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--------------------|---------------------------|---|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------|---------|--------|
| БрА10ЖЗМц2 (БрАЖМц10-3-1,5) | | Безоловянная литейная бронза — ГОСТ 493-79. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 613-79 | | | | | | | | | | | | |
| Основной компонент | | | | Примесь | | | | | | | | |
| Al | Fe | Mn | Cu | As | Sn | Sb | Pb | Bi | Zn | Si | Ni | Всего |
| 9,00-11,00 | 2,00-4,00 | 1,00-3,00 | остальное | ≤ 0,01 | ≤ 0,10 | ≤ 0,05 | ≤ 0,30 | ≤ 0,01 | ≤ 0,50 | ≤ 0,10 | ≤ 0,50 | ≤ 1,00 |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 493-79 | Способ литья | | | — | — | 392 | 10 | — | — | — | — | 100 |
| | В песчаную форму | | | | | | | | | | | |
| | В кокиль | | | | | | | | | | | |
| [42] | В кокиль | | | — | 220 | 490-550 | 12-14 | — | 70 | — | 120-135 | |
| Назначение. Арматура, антифрикционные детали гидротурбин (отливки). | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [42] | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Скорость коррозии, мм/год | Потеря массы, г/(м ² ·сутки) | | | | | | | |
| Общая | Морская вода | — | — | — | 0,2 | | | | | | | |
| | 10% раствор H ₂ SO ₄ | — | — | — | 0,7 | | | | | | | |
| Точечная | — | — | — | — | — | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | — | — | — | — | — | | | | | | | |
| Межкристаллитная | — | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [42] | | | | | | | | | | | | |
| Температура ликвидуса, °C | Температура литья, °C | Линейная усадка, % | Объемная усадка, % | Жидкотекучесть, мм | Температура горячей деформации, °C | Температура полного отжига, °C | Коэффициент трения со смазкой | Коэффициент трения без смазки | | | | |
| 1045 | 1100-1240 | 2,5 | — | 700 | — | — | 0,063 | 0,19 | | | | |
| Обрабатываемость резанием, % (по отношению к обрабатываемости латуни ЛС63-3) | | | | | | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|---|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------|------|-------------------------|-----|-----|---------|
| БрБ2 | | Полосы, ленты — ГОСТ 1789–70. Проволока — ГОСТ 15834–77. Прутки — ГОСТ 15835–70. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 18175–78 | | | | | | | | | | | | |
| Основной компонент | | | | Примесь | | | | | | | | |
| Вс | Ni | Cu | Pb | Si | Al | Fe | Всего | | | | | |
| 1,80–2,10 | 0,20–0,50 | остальное | ≤ 0,05 | ≤ 0,15 | ≤ 0,15 | ≤ 0,15 | ≤ 0,50 | | | | | |
| Гарантируемые механические свойства полуфабрикатов | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _b , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HV | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| ГОСТ 15834–77 | Мягкое (после закалки) | | | φ 0,1 φ 0,1–1,0 φ 1,1–5,0 | Проволока | | | | | | | |
| | Твердое | | | | — | 390–637 | 20 | — | — | — | — | — |
| | Состаренное | | | | — | 390–590 | 25 | — | — | — | — | — |
| | Состаренное | | | φ 0,06–0,5 φ 0,55–5,0 φ 5,5–12 | — | 920–1370 | — | — | — | — | — | |
| ГОСТ 15835–70 | Состояние материала | | | φ 5–40 | Прутки тянутые | | | | | | | |
| | Мягкое (после закалки и отжига) | | | | — | 392–590 | 25 | — | — | — | — | 100–150 |
| | Твердое (деформация) после закалки | | | φ 5–15 φ 15–40 | — | 735–980 | 1 | — | — | — | 150 | |
| | Состаренное (после закалки) | | | φ 5–15 | — | 640–880 | 1 | — | — | — | 150 | |
| | Состаренное после закалки и холодной деформации | | | φ 5–15 | — | 1080 | 2 | — | — | — | 320 | |
| ГОСТ 1789–70 | Прессованное | | | φ 42–100 | — | 442 | 20 | — | — | — | — | |
| | Мягкое (после закалки) | | | 0,02–0,14 0,15–0,25 Свыше 0,25 | Полосы, ленты | | | | | | | |
| | Мягкое | | | | — | 390–590 | 20 | — | — | — | 130 | — |
| | После дисперсионного твердения из мягкого состояния | | | | — | 390–590 | 30 | — | — | — | 130 | — |
| | Твердое | | | 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | 390–540 | 20 | — | — | — | — | |
| | После дисперсионного твердения из твердого состояния | | | 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | 390–540 | 35 | — | — | — | — | |
| | Твердое (деформированные после закалки на 30–40%) | | | 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | 1080–1370 | — | — | — | — | — | |
| | Состаренное (после закалки) | | | 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | 1130–1370 | 2 | — | — | — | — | |
| | Состаренное (деформированные после закалки на 30–40%) | | | 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | 640–680 | — | — | — | — | — | |
| | Состаренное (после закалки) | | | 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | 640–680 | 3 | — | — | — | — | |
| | Состаренное (после закалки) | | | 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | 1130–1520 | — | — | — | — | — | |
| | Состаренное (деформированные после закалки на 30–40%) | | | 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | 1180–1520 | 2 | — | — | — | — | |
| Состаренное (после закалки) | | | 0,02–0,14 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | — | — | — | — | — | 170 | — | |
| Состаренное (после закалки) | | | 0,02–0,14 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | 590–880 | — | — | — | — | 170 | — | |
| Состаренное (после закалки) | | | 0,02–0,14 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | 640–930 | 3 | — | — | — | 170 | — | |
| Состаренное (после закалки) | | | 0,02–0,14 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | 1080–1470 | — | — | — | — | 330 | — | |
| Состаренное (после закалки) | | | 0,02–0,14 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | 1130–1470 | 2 | — | — | — | 330 | — | |
| Состаренное (после закалки) | | | 0,02–0,14 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | 1130–1570 | — | — | — | — | 360 | — | |
| Состаренное (после закалки) | | | 0,02–0,14 0,15–0,25 Свыше 0,25 | — | 1170–1570 | 2 | — | — | — | 360 | — | |

По требованию потребителя полосы и ленты изготовляют с механическими свойствами соответственно требованиям, принятым в таблице.

Назначение. Прутки, проволока, листы, лента, полосы. Пружины и пружинящие детали ответственного назначения, мембраны, износостойкие детали всех видов, неискрящий инструмент.

| Технологические характеристики [42] | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Температура литья, °C | Линейная усадка, % | Жидкотекучесть, мм | Температура горячей деформации, °C | Температура закалки, °C | Температура старения, °C | Коэффициент трения со смазкой | Коэффициент трения без смазки |
| 1030–1060 | 1,8 | — | 780–800 | 760–780 | 320 | 0,016 | 0,35 |

| Свариваемость | Обрабатываемость резанием, % (по отношению к обрабатываемости латуни ЛС63–3) |
|--------------------|--|
| Хорошо сваривается | 20 |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|---|--------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|-----|----|
| БрО5Ц5С5 (БрОЦС5-5-5) | | Литейная оловянная бронза — ГОСТ 613-79. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 613-79 | | | | | | | | | | | |
| Основной компонент | | | | Примесь | | | | | | | |
| Sn | Zn | Pb | Cu | Si | P | Fe | Al | Sb | Всего | | |
| 4,00–6,00 | 4,00–6,00 | 4,00–6,00 | остальное | ≤ 0,05 | ≤ 0,10 | ≤ 0,40 | ≤ 0,04 | ≤ 0,50 | ≤ 1,30 | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 613-79 | Способ литья | | | — | — | 147 | 6 | — | — | — | 60 |
| | В песчаную форму | | | | | | | | | | |
| | В кокиль | | | | | | | | | | |
| [42] | В песчаную форму | | | — | — | 150 | 6 | — | — | — | 60 |
| | В кокиль | | | | | | | | | | |
| В кокиль | | | | | 80–100 | 180 | 4 | — | 20–30 | — | 60 |
| Назначение. Антифрикционные детали гидротурбин, арматура, вкладыши подшипников. | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [42] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | |
| Общая | | Коррозионная стойкость высокая в атмосферных условиях, в морской и пресной воде. | | | | | | | | | |
| Точечная | | Оловянная бронза противостоит большому количеству химических растворов (органические кислоты, разбавленная серная и фосфорная кислоты, растворы едкого кали, хлористый аммоний, сложные эфиры, спирты, нефтяные растворители и т.д.). Они не подвержены, как латуни, обесцинкованию при работе в морской воде и в этом отношении являются уникальным коррозионно-стойким материалом | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [42] | | | | | | | | | | | |
| Температура ликвидуса, °C | Температура литья, °C | Линейная усадка, % | Объемная усадка, % | Жидкотекучесть, мм | Температура горячей деформации, °C | Температура полного отжига, °C | Коэффициент трения со смазкой | | Коэффициент трения без смазки | | |
| 975 | 1120–1200 | 1,6 | 5,5–6,5 | 400 | — | — | 0,009 | | 0,15 | | |
| Обработываемость резанием, % (по отношению к обрабатываемости латуни ЛС63-3) | | | | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | | | | |

| | |
|-------------------------------------|---|
| Марка сплава | Вид поставки |
| БрО10Ф1 (БрОФ10-1) | Литейная оловянная бронза — ГОСТ 613-79. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 613-79

| Основной компонент | | | Примесь | | | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Sn | P | Cu | Zn | Pb | Fe | Al | Si | Sb | Bi | Всего |
| 9,00-11,0 | 0,40-1,10 | остальное | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,20 | ≤ 0,02 | ≤ 0,02 | ≤ 0,30 | ≤ 0,02 | ≤ 1,00 |

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|-------------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|--------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ГОСТ 613-79 | Способ литья | | | — | — | 215 | 3 | — | — | — | 80 |
| | В песчаную форму | | | | | | | | | | |
| | В кокиль | | | | | | | | | | |
| [42] | В песчаную форму | | | — | 140 | 215-300 | 3 | — | 6 | — | 80-100 |
| | В кокиль | | | | | | | | | | |
| | В кокиль | | | — | 200 | 250-350 | 3-10 | — | 9 | — | 90-120 |

Назначение. Узлы трения для гидротурбин, высоконагруженные детали шнековых приводов, нажимные и шпindelные гайки, венцы червячных шестерен.

Коррозионная стойкость [42]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|---|-------|-----------------|----------------|
| Общая | Коррозионная стойкость высокая в атмосферных условиях, в морской и пресной воде. | | | |
| Точечная | Оловянная бронза противостоит большому количеству химических растворов (органические кислоты, разбавленная серная и фосфорная кислоты, растворы едкого кали, хлористый аммоний, сложные эфиры, спирты, нефтяные растворители и т.д.). Они не подвержены, как латуни, обесцинкованию при работе в морской воде и в этом отношении являются уникальным коррозионно-стойким материалом | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | |
| Межкристаллитная | | | | |

Технологические характеристики [42]

| Температура ликвидуса, °C | Температура литья, °C | Линейная усадка, % | Объемная усадка, % | Жидкотекучесть, мм | Температура горячей деформации, °C | Температура полного отжига, °C | Коэффициент трения со смазкой | Коэффициент трения без смазки |
|---------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 934 | 1050-1150 | 1,44 | 6,0 | 450 | — | — | 0,008 | 0,10 |

Обрабатываемость резанием, % (по отношению к обрабатываемости латуни ЛС63-3)

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|-----------|-------------------------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|---------------|
| Б83, Б88 | | Баббиты — ГОСТ 1320–74. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1320–74 | | | | | | | | | | | Марка баббита |
| Основной компонент | | | | | Примесь | | | | | | |
| Sb | Cu | Cd | Ni | Sn | Fe | As | Zn | Pb | Bi | Al | |
| 10,0–12,0 | 5,50–6,50 | — | — | Основа | ≤ 0,10 | ≤ 0,05 | ≤ 0,004 | ≤ 0,35 | ≤ 0,05 | ≤ 0,005 | Б83 |
| 7,30–7,80 | 2,50–3,50 | 0,80–1,20 | 0,15–0,25 | Основа | ≤ 0,05 | ≤ 0,05 | ≤ 0,005 | ≤ 0,10 | ≤ 0,05 | ≤ 0,005 | Б88 |

Примечания.

1. По требованию потребителя в баббите марки Б83 массовая доля примеси свинца (Pb) может быть увеличена до 0,50%.

2. По требованию потребителя в баббите марки Б88 допускается замена кадмия (Cd) и никеля (Ni) на олово (Sn) и увеличение примесей свинца (Pb) до 0,35%.

Механические свойства при комнатной температуре

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | $T_{пл}$, °C | T_z , °C | НВ |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------------|------------|-------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [61] | Марка баббита | | | — | 80–85 | 110–120 | — | — | — | 370 | 440–460 | 27–30 |
| | Б83 | | | | | | | | | | | |
| | Б88 | | | | | | | | | | | |

$\sigma_{0,2}$ и σ_b — при сжатии. $T_{пл}$ — температура плавления. T_z — температура заливки.

Баббиты от других антифрикционных сплавов отличаются низкой твердостью (13–32 НВ), невысокой температурой плавления (240–320°C), повышенной размягченностью (9–24 НВ при 100°C) и сравнительно низкой прочностью.

Назначение. Антифрикционные сплавы. Подшипники с толщиной баббитового слоя — 3 мм используют при сравнительно легких условиях работы. Баббитовый слой таких подшипников обладает хорошей способностью прирабатываться и является своеобразным компенсатором всякого рода неточностей, образовавшихся при обработке и монтаже деталей трения и возникающих в процессе эксплуатации.

Баббит Б83 применяется: нижние половинки вкладышей и упорные колодки подшипников паровых, газовых и гидравлических турбин, компрессорных машин, вкладыши нижних головок шатуна быстроходных дизелей.

Допускаемая рабочая температура баббита Б83 — 100°C, допускаемая напряженность работы подшипника (PV) при спокойной нагрузке — 1500 Н/мм² м/сек и выше, при ударной нагрузке — 1000 Н/мм² м/сек и выше.

Для тонкослойных вкладышей баббит должен удовлетворять следующим требованиям:

— не иметь резко выраженной неоднородной структуры. Возможно использование однофазных сплавов при достаточном сопротивлении металла смятию;

— обладать повышенной сопротивляемостью усталостному разрушению, поскольку работа тонкослойных прецизионных вкладышей должна протекать, в основном в условиях жидкостного трения;

— обладать антифрикционным слоем с пониженной твердостью (до НВ 15–20). При этом улучшается прирабатываемость. Это важно в связи с тем, что сопротивляемость смятию в тонком слое повышается за счет влияния подложки;

— для обеспечения надлежащей долговечности подшипников иметь прочное соединение с корпусом, определяемое способностью слоя полуды сопротивляться усталостному разрушению.

Механические свойства при различных температурах (баббит Б83)

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | НВ |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [36] | ПС | | | | 15 | — | 90 | 6 | — | 6,3 | — |
| | | | | | 50 | — | — | — | 6,6 | — | |
| | | | | | 100 | — | 54 | 15 | 26 | 6,8 | — |
| | | | | | 150 | — | 32 | 8 | 13 | 6,7 | — |
| | | | | | 175 | — | — | — | 7,0 | — | |

Пределы усталости и прочности, Н/мм² [36]

| Марка баббита | σ | | Вид испытания | НД | Твердость (НВ) баббита Б83, при t, °C | | | | | |
|---------------|-----------------|---------------|--------------------|------|---------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|
| | $\sigma_{-изг}$ | $\sigma_{сж}$ | | | + 20 | + 50 | + 75 | + 100 | + 125 | + 150 |
| Б83 | 23 | — | Симметричный изгиб | [36] | 30 | 23 | 18 | 14 | 11 | 8 |
| | — | 115 | Сжатие | | | | | | | |

Коррозионная стойкость

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|---|-------|-----------------|----------------|
| Общая | Оловянные баббиты обладают достаточной коррозионной стойкостью в отношении органических кислот, как правило, имеющихся в смазочных маслах | | | |
| Точечная | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | |
| Межкристаллитная | | | | |

Технологические характеристики

| Марка баббита | Линейная усадка (при литье в кокиль), % | Температура начала затвердевания, °C | Температура конца затвердевания, °C | Коэффициент трения со смазкой | Коэффициент трения без смазки |
|---------------|---|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Б83 | 0,65 | 370 | 240 | 0,005 | 0,28 |

| | |
|---------------------|---|
| Марка сплава | Вид поставки |
| ВТ1-0 | Листы — АМТУ 475–2–67. Трубы — АМТУ 386–2–65. Деформируемые полуфабрикаты — ГОСТ 19807–91. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19807–91

| | | | | | | | | |
|------|------|--------|------|------|----------------|------|--------|--------|
| C | Si | Al | Fe | N | H ¹ | O | Прочие | Ti |
| 0,07 | 0,10 | ≤ 0,70 | 0,25 | 0,04 | 0,01 | 0,20 | 0,30 | Основа |

¹ Массовая доля Н указана для слитков.

Массовая доля элементов максимальная, если не приведены пределы.

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------------------|---------------------------|---------|-------------------|------------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|-----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [41] | не менее или в пределах | | | | | | | | | | | |
| | Листы и изделия из них | | | | | | | | | | | |
| | Полный отжиг ¹ | 520–540 | Воздух | 0,3–11,0 | 20 | — | 392–539 | 25 | — | — | — | 207 |
| | Прутки кованные | | | | | | | | | | | |
| | Полный отжиг | 670–690 | Воздух | ∅ 10–60 | 20 | — | 392–539 | 20 | 50 | 98 | — | — |
| Трубы отожженные | | | | | | | | | | | | |
| | Полный отжиг | 670–690 | Воздух | Толщина стенки 1,5–2,0 | 20 | — | 392–539 | 15 | — | — | — | — |

¹ Массивные полуфабрикаты (прутки, поковки, штамповки, трубы) и изделия из них отжигают при 670–690°C. Неполный отжиг проводят при 445–485°C. Листы отжигают при 520–540°C.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|-------------------------|---------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | не менее или в пределах | | | | | | | | | | | |
| | Полный отжиг | 670–690 | Воздух | До 100 | 20 | 372–490 | 421–588 | 25 | 50 | — | — | — |
| | | | | | 350 | 148 | 201 | 47 ² | — | — | — | — |
| 400 | | | | | 145 | 189 | 41 ² | — | — | — | — | |

² Относительное удлинение (δ) в % при $l = 11,3 \sqrt{F_0}$.

Назначение. Для изготовления полуфабрикатов (листов, лент, полос, фольги, плит, прутков, профилей, труб, поковок, штамповок), а также слитков.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 250°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Структура — немагнитная α–фаза.

Режимы отжига [42]

1. Отжиг листов и изделий из них при температуре 520–570°C.
2. Отжиг прутков, поковок и штамповок при температуре 670–730°C.
3. Неполный отжиг при температуре 475–485°C.

Примечания.

1. Условия нагрева и охлаждения — на воздухе, в защитной атмосфере.
2. Неполный отжиг рекомендуется проводить для снятия остаточных напряжений, возникающих в процессе механической обработки, листовой штамповки, сварки и некоторых других операций.

Гарантированные механические свойства поковок и штамповок из сплава

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|----------------------|-------|-------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | ПС | | не менее или в пределах | | | | | | | |
| | | | | Поковки и штамповки (образцы продольные) ¹ | | | | | | | |
| | | | | До 100 | — | 392–539 | 20 | 50 | 100 | — | — |
| | | | | Поковки и штамповки (образцы поперечные) | | | | | | | |
| | | | 101–150 | — | 353–539 | 17 | 32,5 | 50 | — | — | |
| | | | 151–250 | — | 353–539 | 15 | 30 | 50 | — | — | |

¹ Механические свойства, которые определяются на образцах, вырезанных в поперечном направлении волокна, по относительному удлинению и сужению могут быть снижены на 20% по сравнению со значениями, установленными для образцов, вырезанных в продольном направлении волокна. Механические свойства штамповок и поковок из сплава, определяемые в высотном направлении волокна, устанавливаются по соглашению сторон.

| ВТ1-0 | | Гарантированные механические свойства листов, плит, лент, полос и фольги | | | | | | | | | |
|-------|------------------------|--|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Угол загиба, град. (R=s) | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | В состоянии поставки | | | Толщина | не менее или в пределах | | | | | | |
| | | | | | Листы | | | | | | |
| | | | | 0,3–0,4 | — | 392–539 | 25 | — | — | 140 | — |
| | | | | 0,5–1,8 | — | 392–539 | 30 | — | — | 80–130 | — |
| | | | | 2,0–6,0 | — | 392–539 | 25 | — | — | 80 | — |
| | | | | 6,5–10,0 | — | 392–539 | 20 | — | — | 80 | — |
| | В состоянии поставки | | | 12–35 | — | 392–539 | 13 | 27 ² | — | 40 | — |
| | | | | 36–60 | — | 392–539 | 13 | 27 ² | — | — | — |
| | В состоянии поставки | | | 0,10–0,25 | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 0,30–0,50 | — | 343–490 | 45 | — | — | — | — |
| | | | | 0,55–1,50 | — | 343–490 | 35 | — | — | — | — |
| | В состоянии поставки | | | 0,6–1,0 | — | 490 | 45 | — | — | — | — |
| | | | | 1,2–1,5 | — | 490 | 40 | — | — | — | — |
| | В отожженном состоянии | | | 0,08 | — | — | — | — | — | — | — |

² Свойства факультативные.

| ВТ1-0 | | Гарантированные механические свойства прутков и труб | | | | | | | | | |
|-------|----------------------------|--|-------------------|----------------|--|--------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | | не менее или в пределах | | | | | | |
| | | | | | Прутки (образцы продольные) ¹ | | | | | | |
| | | | | ø 10–60 | — | 392–539 | 20 | 50 | 100 | — | — |
| | | | | ø 65–100 | — | 392–539 ¹ | 20 ¹ | 50 ¹ | 100 ¹ | — | — |
| | | | | ø 65–100 | — | 343 ¹ | 15 ¹ | 40 ¹ | 70 ¹ | — | — |
| | | | | | Прутки (образцы поперечные) | | | | | | |
| | | | | ø 101–150 | — | 392–539 | 17 | 32,5 | 50 | — | — |
| | | | | ø 101–150 | — | 343 | 15 | 30 | 50 | — | — |
| | | | | ø 140–250 | — | 353–539 | 17 | 32,5 | 50 | — | — |
| | | | | ø 151–250 | — | 353–539 | 15 | 30 | 50 | — | — |
| | | | | | Прутки (образцы тангенциальные) | | | | | | |
| | | | | ø 140–250 | — | 373–539 | 17 | 40 | 70 | — | — |
| | Отожженные | | | Толщина стенки | Трубы бесшовные | | | | | | |
| | | | | 0,5–2,0 | — | 392–539 | 20 | — | — | — | — |
| | | | | 1,0–4,0 | — | 392–539 | 15 | — | — | — | — |
| | | | | 1,5–2,0 | — | 392–539 | 15 | — | — | — | — |
| | Образцы горячепрессованные | | | 5,0–20,0 | Трубы прессованные | | | | | | |
| | | | | | — | 324–539 | 13 | — | — | — | — |

¹ Механические свойства, которые определяются на образцах, вырезанных в поперечном направлении волокна, по относительному удлинению и сужению могут быть снижены на 20% по сравнению со значениями, установленными для образцов, вырезанных в продольном направлении волокна. Механические свойства штамповок и поковок из сплава, определяемые в высотном направлении волокна, устанавливаются по соглашению сторон.

| ВТ1-0 | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---------------|-------------------|---|---|------------------------------------|---|--|---|--------------------|--|-----|----|
| Механические свойства сплава при различных температурах | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | $\sigma_{п.ц}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [42] | ПС | | | Прутки | -196 | 750 | 920 | — | 15 | 48 | 80 | — | — |
| | | | | | -70 | 450 | 510 | 350 | 20 | 50 | 100 | — | — |
| | | | | | 20 | 380 | 500 | 260 | 30 | 55 | 100 | — | — |
| | | | | | 100 | 300 | 420 | 190 | 30 | 55 | — | — | — |
| | | | | | 200 | 250 | 350 | 150 | 30 | 55 | — | — | — |
| | | | | | 300 | 210 | 300 | 130 | 30 | 55 | — | — | — |
| Предел выносливости листов (s=1 мм), Н/мм ² [42] | | | | Характеристики трещиностойкости листов (s=1 мм) [42] | | | | Пределы длительной прочности и ползучести листов (s=1 мм) [42] | | | | | |
| t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | t, °C | σ_b^H/σ_b (K _t =2,6) | КСТ, Дж/см ² | N·10 ³ (МЦУ) ($\sigma_{max}=0,7\cdot\sigma_b$) (K _t =2,6) | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | |
| | | | | | | | | | 1·10 ² | | 0,2/10 ² | | |
| 20 | 230 | — | 10 ³ | 20 | 1,45 | 100 | 16,0 | 200 | 240 | | 170 | | |
| 200 | 200 | — | 10 ³ | | | | | | 300 | 160 | | 120 | |
| 300 | 100 | — | 10 ³ | | | | | | | | | | |
| 400 | 150 | — | 10 ³ | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [6] | | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | | | Среда | | | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | |
| Общая | | | | Коррозионно-стойкий в морской воде, в растворе NaCl и в других агрессивных средах | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка [42] | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | | | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 950–700 | | | Хорошо деформируется в горячем состоянии, куется, прокатывается, штампуется. Штамповка деталей несложной формы из листов может производиться в холодную. Коэффициент вытяжки сплава при 20°C равен 1,65–2,00; а при нагреве до 400°C — более 2. | | | | | | | | | |
| Заготовка предварительно деформированная | 950–700 | | | Степень деформации до 40% | | | | До 100 | | Воздух | | | |
| Штамповка [42] | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал, °C | | | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| На прессе | 890–650 | | | Охлаждение после деформации на воздухе | | | | | | | | | |
| На молоте | 920–700 | | | | | | | | | | | | |
| Характеристики штампуемости листов из титановых сплавов низкой прочности | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Толщина s, мм | Вытяжка | | Отбортовка | | Выдавка | | Радиус при гибке на 90° | | | | |
| | | | K _{выт} | | K _{отб} | | K _{выд} , % | | R _{min} , мм | | | | |
| [42] | 550–600 | 1,2–1,5 | 1,8–2,0 | | — | | 15–25 | | (0,5–1,5)·s | | | | |
| Свариваемость [6] | | | | | | | Обрабатываемость резанием [6] | | | | | | |
| Хорошо сваривается. Способы сварки: РАД и КТ. Прочность сварного соединения составляет 0,9 от прочности основного металла | | | | | | | Сплав удовлетворительно обрабатывается резанием | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---|-------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|--------------------------|---------|----|
| ВТ1-00 | | Деформируемые полуфабрикаты — ГОСТ 19807-91. Листы — ГОСТ 22176-76. Прутки — ГОСТ 26492-85. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19807-91 | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Al | Fe | N | H | O | Ni | Ni + Cu | Ti | | | |
| ≤ 0,05 | ≤ 0,08 | ≤ 0,30 | ≤ 0,20 | ≤ 0,14 | ≤ 0,008 | ≤ 0,10 | ≤ 0,08 | ≤ 0,10 | Основа | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отжиг | 520–570 | | Лист | 20 | 200 | 300–450 | 25 | 55 | — | — | — |
| не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Листы, прутки, полосы, трубы, поковки, штамповки, работающие в интервале температур от минус 253 до плюс 150°C. | | | | | | | | | | | | |
| Гарантированные механические свойства поковок и штамповок из сплава | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | ПС | | Толщина До 100 | — | 490–637 | 20 | 45 | 70 | — | 4,9–5,5 | |
| не менее или в пределах | | | | | | | | | | | | |
| Поковки и штамповки (образцы продольные) ¹ | | | | | | | | | | | | |
| Поковки и штамповки (образцы поперечные) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 101–150 | — | 441–637 | 17 | 30 | 50 | — | 4,9–5,5 | |
| | | | | 151–250 | — | 265–441 | 19 | 34 | 60 | — | 4,9–5,5 | |
| ¹ Механические свойства, которые определяются на образцах, вырезанных в поперечном направлении волокна, по относительному удлинению и сужению могут быть снижены на 20% по сравнению со значениями, установленными для образцов, вырезанных в продольном направлении волокна. Механические свойства штамповок и поковок из сплава, определяемые в высотном направлении волокна, устанавливаются по соглашению сторон. | | | | | | | | | | | | |
| Гарантированные механические свойства листов | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | Угол загиба, град. (R=s) | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | В состоянии поставки | | | Толщина | не менее или в пределах | | | | | | | |
| | | | | 0,3–0,4 | Листы | | | | | | | |
| | | | | 0,5–1,8 | — | 294–441 | 25 | — | — | 140 | — | |
| | | | | 2,0–6,0 | — | 294–441 | 30 | — | — | 80–130 | — | |
| | | | | 6,5–10,0 | — | 294–441 | 25 | — | — | 80 | — | |
| | | | | | — | 294–441 | 20 | — | — | 80 | — | |
| Гарантированные механические свойства прутков | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | | не менее или в пределах | | | | | | | |
| Прутки (образцы продольные) ¹ | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Ø 10–60 | — | 294–441 | 25 | 55 | 120 | — | 4,9–5,5 | |
| | | | | Ø 65–100 ¹ | — | 294–441 | 25 | 55 | 120 | — | 4,9–5,5 | |
| | | | | Ø 65–100 ² | — | 294 | 20 | 50 | 10 | — | 4,9–5,5 | |
| Прутки (образцы поперечные) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Ø 101–150 | — | 265–441 | 21 | 36 | 60 | — | 4,9–5,5 | |
| | | | | Ø 101–150 | — | 265 | 18 | 35 | 60 | — | 4,9–5,5 | |
| | | | | Ø 140–250 | — | 265–441 | 21 | 36 | 60 | — | 4,9–5,5 | |
| | | | | Ø 151–250 | — | 265–441 | 19 | 34 | 60 | — | 4,9–5,5 | |
| Прутки (образцы тангенциальные) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Ø 140–250 | — | 265–441 | 22 | 45 | 90 | — | 4,9–5,5 | |
| ¹ Механические свойства, которые определяются на образцах, вырезанных в поперечном направлении волокна, по относительному удлинению и сужению могут быть снижены на 20% по сравнению со значениями, установленными для образцов, вырезанных в продольном направлении волокна. | | | | | | | | | | | | |
| ² Механические свойства, которые определяются на образцах, вырезанных в поперечном направлении волокна, по относительному удлинению и сужению и ударной вязкости могут быть снижены на 20% по сравнению со значениями, установленными для образцов, вырезанных в продольном направлении волокна. | | | | | | | | | | | | |

| ВТ1-00 | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|-------|-------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|-------------------------|--|
| Гарантированные механические свойства труб и проволоки | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | не менее или в пределах | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | Толщина стенки 0,5–2,0 | Трубы бесшовные | | | | | | | | |
| | | | | | — | 294–441 | 25 | — | — | — | — | — | |
| | | | | — | 294–441 | 20 | — | — | — | — | — | | |
| | Образцы горячепрессованные | | | 1,5–2,0 | Трубы сварные | | | | | | | | |
| | | | | | — | 294–441 | 20 | — | — | — | — | — | |
| | Отожженные | | | 5,0–20,0 | Трубы прессованные | | | | | | | | |
| — | | | | | 294–441 | 18 | — | — | — | — | — | | |
| Отожженные | | | ϕ 1,0–7,0 | Проволока | | | | | | | | | |
| | | | | — | ≤ 471 | 15 | — | — | — | — | — | | |

| Механические свойства сплава при различных температурах | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | $\sigma_{пл}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [42] | ПС | | | Прутки | – 196 | 500 | 650 | — | 15 | 50 | 100 | — | — |
| | | | | | – 70 | 380 | 470 | 290 | 20 | 55 | 120 | — | — |
| | | | | | 20 | 270 | 400 | 210 | 20 | 60 | 120 | — | — |
| | | | | | 100 | 200 | 310 | 150 | 20 | 60 | — | — | — |
| | | | | | 150 | 150 | 260 | 130 | 20 | 60 | — | — | — |
| | | | | | 200 | 110 | 210 | 110 | 20 | 60 | — | — | — |

| Предел выносливости листов (s=1 мм), Н/мм ² [42] | | | | Характеристики трещиностойкости листов (s=1 мм) [42] | | | | Пределы длительной прочности и ползучести листов (s=1 мм) [42] | | | |
|---|---------------|-------------|-----------------|--|--|-------------------------|---|--|---|--|--|
| t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | t, °C | σ_b^{II}/σ_b (K _t =2,6) | КСТ, Дж/см ² | N·10 ³ (МЦУ) ($\sigma_{max}=0,7\cdot\sigma_b$) (K _t =2,6) | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
| | | | | | | | | | 1·10 ² | | 0,2/10 ² |
| 20 | 160 | — | 10 ³ | 20 | 1,5 | 1,0 | 22,8 | 200 | 220 | | 140 |
| 200 | 130 | — | 10 ³ | | | | | 300 | 190 | | — |
| 300 | 110 | — | 10 ³ | | | | | | | | |

| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--|----------------------------------|--|--|--|--------------------|--|--|--------------------|--|--------------------|--|--|
| Ковка [42] | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | | Температурный интервал ковки, °C | | из слитков | | | | | из заготовок | | | | |
| | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | |
| Слиток | | 1050–750 | | Степень деформации за один нагрев 20–30% | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | |
| Штамповка [6] | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | | Температурный интервал, °C | | из слитков | | | | | из заготовок | | | | |
| | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | |
| На прессе | | 890–650 | | Степень деформации за один нагрев 40–50% | | | | | | | | | |
| На молоте | | 920–700 | | | | | | | | | | | |

| Характеристики штампуемости листов из титановых сплавов низкой прочности | | | | | | |
|--|-------|---------------|------------------|------------------|----------------------|-------------------------|
| НД | t, °C | Толщина s, мм | Вытяжка | Отбортовка | Выдавка | Радиус при гибке на 90° |
| | | | K _{выт} | K _{отб} | K _{выд} , % | R _{мин} , мм |
| [42] | 20 | 1,2–1,5 | 1,5–2,0 | 1,4–1,8 | 12–20 | (1,0–3,0)·s |

| Свариваемость [6] | | | | Обрабатываемость резанием [6] | | | |
|--|--|--|--|---|--|--|--|
| Хорошо сваривается. Способы сварки: все виды сварки. Прочность сварного соединения составляет 0,9 от прочности основного металла | | | | Сплав удовлетворительно обрабатывается резанием | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|-------------------|--------------------|-------|---|--------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|-----|-----|
| ВТ1-1 | | Листы — АМТУ 475-2-67. Трубы — АМТУ 386-2-65. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 1-90013-71 | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Fe | N | H | O | Прочие | Ti | | | | | |
| 0,08 | 0,12 | 0,25 | 0,05 | 0,012 | 0,15 | 0,30 | Основа | | | | | |
| Массовая доля элементов максимальная, если не приведены пределы. | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [81] | Полный отжиг ¹ | 670-690 | Воздух | — | 20 | — | 421-588 | 25 | — | 69 | — | 207 |
| ¹ Массивные полуфабрикаты (прутки, поковки, штамповки, трубы) и изделия из них отжигают при 670-690°C. Неполный отжиг проводят при 445-485°C. Листы отжигают при 520-540°C. | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [81] | Полный отжиг | 670-690 | Воздух | До 60 | 20 | 372-490 | 421-588 | 25 | 50 | — | — | — |
| | | | | | 350 | 148 | 206 | 47 ² | — | — | — | — |
| | | | | | 400 | 145 | 189 | 41 ² | — | — | — | — |
| ² Относительное удлинение (δ) в % при $\ell = 11,3 \sqrt{F_0}$. | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Для изготовления полуфабрикатов (листов, лент, фольги, полос, плит, прутков, профилей, труб, поволоков и штампованных заготовок) методом деформации, а также слитков. | | | | | | | | | | | | |
| Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 250°C (ПНАЭГ-7-008-89). | | | | | | | | | | | | |
| Структура — немагнитная α -фаза. | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [81] | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | |
| Общая | | Коррозионно-стойкий в морской воде, в растворе NaCl и в других агрессивных средах | | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики [81] | | | | | | | | | | | | |
| Ковка | | Охлаждение поволоков, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 950-700 | Хорошо деформируется в горячем состоянии, куется, прокатывается, штампуется. Штамповка деталей несложной формы из листов может производиться в холодную. Коэффициент вытяжки сплава при 20°C равен 1,65-2,00; а при нагреве до 400°C — более 2. | | | | | | | | | | |
| Заготовка | 950-700 | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | |
| Хорошо сваривается. Способы сварки: РАД и КТ. Прочность сварного соединения составляет 0,9 от прочности основного металла | | | | | | Сплав удовлетворительно обрабатывается резанием | | | | | | |

| BT5-1 | | Механические свойства сплава различного сортамента при 20°C | | | | | | | | | | | |
|---------|--|---|-------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------|-----|----|----------|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| [6] | ПС | | | Толщина | Листы | | | | | | | | |
| | | | | | 0,8–1,2 | — | 735 | 15 | — | — | — | — | — |
| | | | | | 1,5–1,8 | — | 735 | 12 | — | — | — | — | — |
| | | | | | 2,0–6,0 | — | 735 | 10 | — | — | — | — | — |
| | | | | | 6,5–10,0 | — | 735 | 8 | — | — | — | — | — |
| | | | | 12–20 | Плиты | | | | | | | | |
| | | | | | — | 735 | 6 | 16 ¹ | — | — | — | — | |
| | | | | 21–60 | Плиты | | | | | | | | |
| | | | | | — | 735 | 6 | 16 ¹ | — | — | — | — | |
| | | | | 10–60 | Прутки (образцы продольные) | | | | | | | | |
| | | | | | — | 785 | 10 | 25 | 40 | — | — | — | |
| | | | | 65–100 | Прутки (образцы продольные) | | | | | | | | |
| | | | | | — | 785 | 8 ² | 20 ² | 40 ² | — | — | — | |
| | | | | 101–130 | Прутки (образцы поперечные) | | | | | | | | |
| | | | | | — | 745 | 5 | 12 | 40 | — | — | — | |
| 140–250 | Прутки (образцы поперечные) | | | | | | | | | | | | |
| | — | 745 | 6 | 16 | 45 | — | — | — | | | | | |
| 140–250 | Прутки (образцы тангенциальные) | | | | | | | | | | | | |
| | — | 765 | 8 | 20 | 45 | — | — | — | | | | | |
| До 100 | Штамповки и поковки (образцы продольные) | | | | | | | | | | | | |
| | — | 785 | 10 ² | 25 ² | 40 | — | — | — | | | | | |
| 101–250 | Штамповки и поковки (образцы поперечные) | | | | | | | | | | | | |
| | — | 745 | 6 | 16 | 45 | — | — | — | | | | | |

¹ Свойства факультативные.

² Показатели механических свойств, определяемые на образцах, вырезанных в поперечном направлении волокна, могут быть снижены на 20% по сравнению со значениями, установленными для образцов, вырезанных в продольном направлении волокна.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Угол загиба, град. (R=s) | НВ | |
|------|----------------------|---------------------|-------------------|-------------|--|---------------------------------|--------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|---------|-------------------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее или в пределах |
| [42] | Отожженные | | | Толщина | Листы | | | | | | | |
| | Отжиг | 700–750, 0,25–1,0 ч | Воздух | | 0,8–1,2 | — | 735–932 | 15 | — | — | 60 | — |
| | | | | | 1,5–1,8 | — | 735–932 | 12 | — | — | 50 | — |
| | | | | | 2,0–6,0 | — | 735–932 | 10 | — | — | 40 | — |
| | | | | | 6,5–10,0 | — | 735–932 | 8 | — | — | 40 | — |
| | В состоянии поставки | | | 12–20 | Плиты | | | | | | | |
| | | | | | — | 735–932 | 6 | — | — | — | — | |
| | | | | 21–60 | Плиты | | | | | | | |
| | | | | | — | 735–932 | 5 | — | — | — | — | |
| | Отожженные | | | Ø | Прутки (образцы продольные) | | | | | | | |
| | Отжиг | 800–850, 0,25–1,0 ч | Воздух | | 10–60 | — | 785–981 | 10 | 25 | 40 | — | 241–321 |
| | | | | | 65–100 | — | 785–981 | 10 ³ | 25 ³ | 40 | — | 241–321 |
| | Неполный отжиг | 500–600, 0,5–4,0 ч | Воздух | | 101–150 | — | 745–981 | 6 | 16 | 45 | — | 241–321 |
| | | | | | 140–250 | — | 745–981 | 6 | 16 | 45 | — | 241–321 |
| | | | | | 140–250 | Прутки (образцы тангенциальные) | | | | | | |
| — | | | | | | 765–981 | 8 | 20 | 45 | — | 241–321 | |
| | | | До 100 | | Штамповки и поковки (образцы продольные) | | | | | | | |
| | | | | | — | 785–981 | 10 | 25 | 40 | — | 241–321 | |
| | | | 101–250 | | Штамповки и поковки (образцы поперечные) | | | | | | | |
| | | | | — | 637–883 | 8,5 | 20 | 35 | — | 241–321 | | |

³ Относительное удлинение и сужение, которые определяются на образцах, вырезанных в поперечном направлении волокна, могут быть снижены на 20% по сравнению со значениями, установленными для образцов, вырезанных в продольном направлении.

| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|--|--------------------|----------------------|---|--------------------------------|--------------|--------------------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | Прутки | -196 | 1180–1260 | 1200–1350 | 15 | 25 | 40 | — | — |
| | | | | | 20 | 750 | 850 | 8 | 33 | 60 | — | — |
| | | | | | 600 | 310 | 460 | 7 | 49 | — | — | — |
| | | | | | 700 | 170 | 330 | 25 | 68 | — | — | — |
| | | | | | 800 | 80 | 200 | 40 | 92 | — | — | — |
| Коррозионная стойкость [6] | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | |
| Общая | | | Сплав обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях, а также в растворе NaCl при переменном погружении | | | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Ковка [6] | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1150–900 | Пластичность сплава при температуре деформации удовлетворительна как при ковке, так и при прокатке. Холодная листовая штамповка деталей несложной формы возможна только для сплава с пределом прочности 735–784 Н/мм ² , для этих условий коэффициент вытяжки равен 1,5. При подогреве до 500°C предельный коэффициент вытяжки возрастает до 2–2,1. Сплав с пределом прочности более 784 Н/мм ² при штамповке требует обязательного подогрева до 700°C | | | | | | | | | | |
| Заготовка | ПС | | | | | | | | | | | |
| Характеристики штампуемости листов из титановых сплавов средней прочности | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Толщина s, мм | Вытяжка | Отбортовка | Выдавка | Радиус при гибке на 90° | | | | | | |
| | | | K _{выт} | K _{отб} | K _{выд} , % | R _{min} , мм | | | | | | |
| [42] | 20 | 1,2–2,0 | 1,2–1,5 | 1,2–1,5 | 5–8 | (3,5–5,0)·s | | | | | | |
| | 600–750 | 1,2–2,0 | 1,4–1,7 | 1,4–1,75 | 12–16 | (2,3–4,0)·s | | | | | | |
| Свариваемость [81] | | | | | | Обрабатываемость резанием [81] | | | | | | |
| Сплав сваривается всеми видами сварки, причем прочность и пластичность практически одинаковы с основным материалом. Отжиг после сварки целесообразно проводить для деталей сложной конфигурации, сваренных аргоно-дуговой сваркой | | | | | | Сплав удовлетворительно обрабатывается резанием | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|-----------|---|--------|--------|-----------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | |
| BT9 | | Прутки катаные — ГОСТ 26492–85. Поковки — ТУ У14275539–002–94. | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19807–91 | | | | | | | | | | |
| C | Si | Al | Fe | N | Mo | O | H | Zr | Прочие | Ti |
| ≤ 0,10 | 0,20–0,35 | 5,80–7,00 | ≤ 0,25 | ≤ 0,05 | 2,80–3,80 | ≤ 0,15 | ≤ 0,015 | 1,00–2,00 | ≤ 0,30 | Основа |

Механические свойства**Режимы термической обработки сплава**

| НД | Операция | t, °C | Выдержка, ч | Охлаждающая среда |
|----------|----------------------|---------|-------------|---|
| [42] | Неполный отжиг | 530–620 | 0,5–4 | Воздух, аргон |
| | Двойной отжиг | 950–980 | 1–4 | Воздух |
| | | 530–580 | 6 | Воздух |
| | Изотермический отжиг | 950–980 | 1–4 | Печь (или перенос в другую печь) до 530–580°C |
| | | 530–580 | 6 | |
| | Закалка | 920–940 | 1–4 | Вода |
| Старение | 570 | 6 | Воздух | |

Назначение. Применяется как жаропрочный сплав.

Титановый сплав $\alpha + \beta$ мартенситного класса.

| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [42] | | | Вид образца | Сечение | Состояние |
|-------|---|-------------|----------------|-------------------------------|---|------------|
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | |
| 20 | 540 | — | $2 \cdot 10^7$ | Без надреза | Прутки кованые и катаные (микроструктура II типа) | Отожженное |
| 500 | 420–450 | — | $2 \cdot 10^7$ | | | |
| 20 | 350–400 | — | $1 \cdot 10^7$ | С надрезом $R_n = 0,75$ мм | | |
| 500 | 25–300 | — | $1 \cdot 10^7$ | | | |

| Предел выносливости, Н/мм ² [6] | | | Сортамент | Вид образца | Нагрев | Термообработка |
|--|-------------|----------------|-------------------|-------------|---|---|
| σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | | |
| 570 | — | $2 \cdot 10^7$ | Лопатки маленькие | — | Без нагрева Нагрев 500°C, 100 ч | Высокотемпературная деформация; закалка в воде (время разрыва между деформацией и закалкой не более 30–45 ч). Старение 570°C, 2–6 ч, воздух |
| 540 | — | $2 \cdot 10^7$ | | | | |
| 590 | — | $1 \cdot 10^7$ | Образцы | Гладкие | Без нагрева Нагрев 350°C, 200 ч; 550°C, 700 ч; 600°C, 30 ч | |
| 560 | — | $1 \cdot 10^7$ | | | | |
| 410 | — | $1 \cdot 10^7$ | Образцы | С надрезом | Без нагрева | |
| 600 | — | $2 \cdot 10^7$ | | | | |
| 450 | — | $2 \cdot 10^7$ | Лопатки маленькие | — | Без нагрева Нагрев 350°C, 200 ч; 550°C, 700 ч; 600°C, 30 ч | |
| 660 | — | $1 \cdot 10^7$ | | | | |
| 560 | — | $1 \cdot 10^7$ | Образцы | Гладкие | Без нагрева Нагрев 350°C, 200 ч; 550°C, 700 ч; 600°C, 30 ч | |
| 520 | — | $2 \cdot 10^7$ | | | | |
| 510 | — | $2 \cdot 10^7$ | Лопатки маленькие | — | — | |
| 530 | — | $1 \cdot 10^7$ | | | | |
| 510 | — | $1 \cdot 10^7$ | Образцы | Гладкие | Без нагрева Нагрев 350°C, 200 ч; 550°C, 700 ч; 600°C, 30 ч | |
| 360 | — | $1 \cdot 10^7$ | | | | |
| 360 | — | $1 \cdot 10^7$ | Образцы | С надрезом | — | |

| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [6] | | | Вид образца | Микроструктура | Термообработка |
|-------|--|-------------|--------|-------------|-----------------------|--|
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | |
| 20 | 550 | — | 10^7 | Гладкие | Равноосная | Двойной отжиг: нагрев 950–980°C, 1–4 ч, воздух; нагрев 530–580°C, 2–12 ч, воздух |
| 500 | 450 | — | 10^7 | | | |
| 20 | 480 | — | 10^7 | Гладкие | Корзиночного плетения | |
| 500 | 420 | — | 10^7 | | | |
| 20 | 430 | — | 10^7 | Гладкие | Грубоигольчатая | |
| 500 | 370 | — | 10^7 | | | |
| 20 | 400 | — | 10^7 | С надрезом | Равноосная | |
| 500 | 340 | — | 10^7 | | | |
| 20 | 360 | — | 10^7 | С надрезом | Корзиночного плетения | |
| 500 | 300 | — | 10^7 | | | |
| 20 | 300 | — | 10^7 | С надрезом | Грубоигольчатая | |
| 500 | 230 | — | 10^7 | | | |
| 20 | 650 | — | 10^7 | Гладкие | Равноосная | Высокотемпературная деформация; закалка в воде (время разрыва между деформацией и закалкой не более 30–45 ч). Старение 570°C, 2–6 ч, воздух |
| 500 | 520 | — | 10^7 | | | |

| ВТ9 | | | | | | | | | | |
|-------|--|-----------------|-----------------------------|---------------------|--|---|-------|--|--|--|
| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [6] | | | Вид образца | Термообработка | | | | | |
| | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | | | | | | |
| 20 | 540 | — | $2 \cdot 10^7$ | Гладкие | Двойной отжиг: нагрев 950–980°C, 1–4 ч, воздух; нагрев 530–580°C, 2–12 ч, воздух | | | | | |
| 500 | 420 | — | $2 \cdot 10^7$ | | | | | | | |
| 20 | 350 | — | $2 \cdot 10^7$ | С надрезом | | | | | | |
| 500 | — | — | $2 \cdot 10^7$ | | | | | | | |
| 20 | 580 | — | $2 \cdot 10^7$ | Гладкие | | | | Упрочняющий режим: закалка 925°C, вода; старение 500–600°C, 1–6 ч, воздух | | |
| 500 | 420 | — | $2 \cdot 10^7$ | | | | | | | |
| 20 | 300 | — | $2 \cdot 10^7$ | С надрезом | | | | | | |
| 500 | 220 | $1 \cdot 10^7$ | $2 \cdot 10^7$ | | | | | | | |
| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [6] | | | Результат испытания | Сортамент | Термообработка | | | | |
| | σ_{-1} | τ_{-1} | $N \cdot 10^{-4}$ | | | | | | | |
| 20 | 640–660 | — | 10–22 | Разрушился | Прутки Образцы гладкие | Двойной отжиг: нагрев 950–980°C, 1–4 ч, воздух; нагрев 530–580°C, 2–12 ч, воздух | | | | |
| 20 | 610 | — | 35 | Разрушился | | | | | | |
| 20 | 580 | — | 17–188 | Разрушился | | | | | | |
| 20 | 570 | — | 2460 | Снят | | | | | | |
| 20 | 560 | — | 2820 | Снят | | | | | | |
| 20 | 510 | — | 2020 | Снят | | | | | | |
| 500 | 490 | — | 772 | Разрушился | | | | | | |
| 500 | 480 | — | 1100 | Разрушился | | | | | | |
| 500 | 470 | — | 105 | Разрушился | | | | | | |
| 500 | 460 | — | 1985 | Разрушился | | | | | | |
| 500 | 450 | — | 2875 | Снят | | | | | | |
| 20 | 540 | — | 3,5 | Разрушился | | | | Прутки Образцы с надрезом | | |
| 20 | 510 | — | 7,5 | Разрушился | | | | | | |
| 20 | 500 | — | 88 | Разрушился | | | | | | |
| 20 | 490 | — | 2500 | Снят | | | | | | |
| 20 | 480 | — | 2460 | Снят | | | | | | |
| 20 | 440 | — | 3100 | Снят | | | | | | |
| 500 | 400 | — | 2,8 | Разрушился | | | | | | |
| 500 | 350 | — | 11 | Разрушился | | | | | | |
| 500 | 320 | — | 180 | Разрушился | | | | | | |
| 500 | 310 | — | 168 | Разрушился | | | | | | |
| 500 | 300 | — | 2175 | Снят | | | | | | |
| 500 | 300 | — | 2075 | Снят | | | | | | |
| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [6] | | | | | Термообработка | | | | |
| | σ_{-1} | σ_{-1}^H | $\sigma_{-1}/\sigma_{-1}^H$ | τ_{-1} | N | | | | | |
| 20 | 540 | 390 | 1,38 | — | 10^7 | Двойной отжиг: нагрев 950–980°C, 1–4 ч, воздух; нагрев 530–580°C, 2–12 ч, воздух | | | | |
| 500 | 520 | 300 | 1,75 | — | 10^7 | | | | | |
| 20 | 590 | 410 | 1,43 | — | 10^7 | Высокотемпературная деформация; закалка в воде (время разрыва между деформацией и закалкой не более 30–45 ч). Старение 570°C, 2–6 ч, воздух | | | | |
| 500 | 520 | 250 | 2,08 | — | 10^7 | | | | | |
| t, °C | Предел выносливости, Н/мм ² [6] | | | | | Размеры образца, мм | | Термообработка | | |
| | σ_{-1} | σ_{-1}^H | $\sigma_{-1}/\sigma_{-1}^H$ | τ_{-1} | N | диаметр | длина | | | |
| 20 | 440 | 320 | 1,37 | — | 10^7 | 10 | 188 | Двойной отжиг: нагрев 950–980°C, 1–4 ч, воздух; нагрев 530–580°C, 2–12 ч, воздух | | |
| 20 | 520 | 400 | 1,30 | — | 10^7 | 5 | 60 | | | |
| 500 | 380 | 260 | 1,46 | — | 10^7 | 7,5 | 89 | | | |
| 500 | 470 | 300 | 1,57 | — | 10^7 | 5 | 60 | | | |

| ВТ9 | | Гарантированные механические свойства полуфабрикатов при различных температурах | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------|---|-------------------|---------------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------|-------------------------|---------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | ø 10–60 | 20 | — | 1050–1250 | 9 | 30 | 30 | 269–363 | |
| | | | | | 500 | — | 700 | — | — | — | — | |
| | Закаленные и состаренные | | | ø 10–60 | 20 | — | 1200 | 6 | 20 | 20 | 321–415 | |
| | | | | | До ø 60 | 20 | — | 1050–1250 | 11 | 33 | 30 | 269–363 |
| | Отожженные | | | Свыше ø 60 | 20 | — | 1050–1250 | 11 | 28 | 30 | — | |
| | | | | | 500 | — | 700 | — | — | — | — | |
| | Отожженные | | | ø 101–130 | 20 | — | 1050–1250 | 16 | 14 | 30 | 269–363 | |
| | | | | | Прутки кованные (образцы поперечные) | | | | | | | |
| | Отожженные | | | ø 65–100 | 20 | — | 1050–1250 | 9 | 25 | 30 | 269–363 | |
| | | | | | 500 | — | 700 | — | — | — | — | |
| | Отожженные | | | ø 101–150 | 20 | — | 1000–1250 | 6 | 14 | 30 | 269–363 | |
| | | | | | 20 | — | 950–1250 | 6 | 14 | 30 | 269–363 | |
| | Отожженные | | | Толщина До 100 | 20 | — | 1050–1250 | 9 | 25 | 30 | 269–363 | |
| | | | | | Поковки и штамповки (образцы продольные) | | | | | | | |
| | Отожженные | | | 101–150 | 20 | — | 1000–1250 | 6 | 14 | 30 | 269–363 | |
| | | | | | 20 | — | 950–1250 | 6 | 14 | 30 | 269–363 | |
| | Отожженные | | | ø _{нар} 89 | 20 | — | 1050 | 10 | 18 | 30 | — | |
| | | | | | 20 | — | 950 | 9 | 20 | 30 | — | |
| | Отожженное | | | | 20 | — | 1050 | 10 | 30 | 30 | 269–363 | |
| | | | | | Штампованная лопатка малогабаритная | | | | | | | |
| ВТМО и состаренное | | | | 20 | — | 1200 | 6 | 20 | 20 | 321–415 | | |
| | | | | Штампованная лопатка крупногабаритная | | | | | | | | |
| Отожженное | | | | 20 | — | 1050 | 9 | 22 | 30 | 269–363 | | |
| | | | | ВТМО и состаренное | | | 20 | — | 1200 | 6 | 20 | 20 |
| Отожженное | | | Масса, кг | | | | | Диск штампованный | | | | |
| | | | | До 25 | 20 | — | | 1050 | 8 | 22 | 30 | 269–363 |
| | | | | 25–50 | 20 | — | | 1050 | 8 | 20 | 30 | 269–363 |
| | | | | 51–100 | 20 | — | | 1030 | 8 | 18 | 25 | 269–363 |
| | | | 101–200 | 20 | — | 1000 | 6 | 16 | 25 | 269–363 | | |
| | | | | 500 | — | 700 | — | — | — | — | | |

В полуфабрикатах диаметром или толщиной до 100 мм образцы для испытаний вырезаются вдоль направления волокна, свыше 100 мм — поперек.

| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|----------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------|-------|---|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженное | | | Пруток До ø 60 | 20 | 950–1150 | 1050–1250 | 10–14 | 30 | 80–120 | — | | | |
| | | | | | 400 | 670 | 820–850 | 14 | 50 | 80 | — | | | |
| | | | | | 450 | 660 | 800–820 | 14 | 55 | 80 | — | | | |
| | | | | | 500 | 600 | 750–870 | 14 | 60 | 80 | — | | | |
| | | | | | 550 | 570 | 700–730 | 15 | 62 | 90 | — | | | |
| | | | | | 600 | 530 | 670–700 | 16 | 66 | 100 | — | | | |
| | | | | | 700 | — | 400–480 | 15–30 | 70–85 | — | — | | | |
| | | | | | 800 | — | 150–200 | 60–80 | 95–100 | — | — | | | |
| | | | | | Закаленное и состаренное | | | 20 | 1100–1300 | 1200–1400 | 6–10 | 20–30 | — | — |

| Механические свойства после длительного нагрева | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------------------|-------------|---------------|------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|----|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Режим нагрева | | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | т, ч | | | | | | | | |
| [6, 42] | Нагрев Воздух | | | Пруток ø 12 | Без нагрева | | — | 1120 | 10 | 40 | 40 | — | | |
| | | | | | не менее | | 500 | 100 | — | 1150 | 9 | 35 | 38 | — |
| | | | | | | | 500 | 500 | — | 1200 | 8 | 25 | 25 | — |
| | | | | | | | 500 | 2000 | — | 1250 | 5 | 10 | 15 | — |

| ВТ9 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---|--|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------|----|----------|----|---|---|
| Механические свойства сплава различного сортамента при 20°C | | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | не менее | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | | |
| [6] | Нагрев Нагрев | 950–980, 1–4 ч 530–580, 2–12 ч | Воздух Воздух | Ø 10–50 Ø 51–60 Ø 65–100 | Прутки (образцы продольные) ¹ | | | | | | | | | | |
| | | | | | — | 1030 | 9 | 30 | 30 | — | — | | | | |
| | | | | | — | 1030 | 9 | 25 | 30 | — | — | | | | |
| | | | | | — | 981 | 7 | 16 | 25 | — | — | | | | |
| | Прутки (образцы поперечные) | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ø 101–130 | | | | | | | | — | 932 | 5 | 12 | 20 | — | — |
| | Ø 140–150 | | | | | | | | — | 981 | 6 | 14 | 30 | — | — |
| | Ø 151–250 | | | | | | | | — | 932 | 6 | 14 | 30 | — | — |
| | Ø 140–250 | | | | | | | | — | 1000 | 7 | 16 | 30 | — | — |
| | Прутки (образцы тангенциальные) | | | | | | | | | | | | | | |
| Прутки (образцы продольные) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Закалка | 925 | Вода | Ø 10–60 | — | 1180 | 6 | 20 | 20 | — | — | | | | | |
| Старение | 500–600, 1–6 ч | Воздух | | | | | | | | | | | | | |
| Нагрев Нагрев | 950–980, 1–4 ч 530–580, 2–12 ч | Воздух Воздух | Толщина До 100 | Поковки и штамповки (образцы продольные) ¹ | | | | | | | | | | | |
| | | | | — | 1030 | 9 | 25 | 30 | — | — | | | | | |
| | | | | Поковки и штамповки (образцы поперечные) | | | | | | | | | | | |
| | | | | — | 981 | 6 | 14 | 30 | — | — | | | | | |
| 101–150 | | | | | | | | — | 932 | 6 | 14 | 30 | — | — | |
| 151–250 | | | | | | | | — | 932 | 6 | 14 | 30 | — | — | |

¹ Показатели механических свойств, определяемые на образцах, вырезанных в поперечном направлении волокна, могут быть снижены на 20% по сравнению со значениями, установленными для образцов, вырезанных в продольном направлении волокна.

| Механические свойства сплава при различных температурах | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------------------|-------------------|-------|---|---|---|--------------|-------------------|------------|-----------------|-------------------------|----|----------|
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | $\sigma_{0,2}$ ¹ , Н/мм ² | σ_b ¹ , Н/мм ² | $\sigma_{инт}$ ¹ , Н/мм ² | δ , % | δ_{10} , % | ψ , % | ψ_{10} , % | KCU, Дж/см ² | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | не менее |
| [6] | Нагрев Нагрев | 950–980, 1–4 ч 530–580, 2–12 ч | Воздух Воздух | 20 | 950 | 1050 | 750 | 10 | 8 | 30 | 25 | — | — | |
| | | | | 400 | 670 | 820 | 520 | 14 | 8 | 53 | 50 | — | — | |
| | | | | | 450 | 660 | 800 | 450 | 14 | 8 | 55 | 52 | — | — |
| | | | | | 500 | 600 | 750 | 420 | 14 | 8 | 60 | 56 | — | — |
| | | | | | 550 | 570 | 700 | 400 | 15 | 9 | 62 | 57 | — | — |
| | | | | | 600 | 300 | 670 | 300 | 16 | 10 | 66 | 58 | — | — |

¹ При $t = 10d$.

| Влияние выдержки на содержание легирующих элементов в сплаве | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------------------------------|-------------------|----------|------------|----------------------------|-----------|-----------|--|--|--|--|--|
| НД | Режим термообработки | | | Выдержка | | Массовая доля элементов, % | | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | Al | Mo | Si | | | | | |
| [6] | Нагрев Нагрев | 950–980, 1–4 ч 530–580, 2–12 ч | Воздух Воздух | 450 | 2000 | 4,20–8,20 | 1,50–4,00 | 0,10–0,50 | | | | | |
| | | | | 500 | 2000 | 4,30–8,20 | 1,50–5,00 | 0,10–0,50 | | | | | |
| | | | | 550 | 2000 | 4,70–8,10 | 1,80–5,10 | 0,10–0,50 | | | | | |
| | Закалка Старение | 925 500–600, 1–6 ч | Вода Воздух | 450 | 2000 | 4,50–8,40 | 2,00–4,70 | 0,10–0,50 | | | | | |
| | | | | 500 | 2000 | 4,80–7,90 | 2,10–4,40 | 0,10–0,50 | | | | | |
| | | | | 550 | 2000 | 4,90–7,90 | 2,00–4,00 | 0,10–0,50 | | | | | |

| Механические свойства (кратковременное растяжение) сплава при различных температурах | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|-------------------|---------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|-------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | не менее или в пределах |
| [42] | ПС | | | Образцы Ø 5 гладкие | 20 | — | 1130 | 14 | 42 | — | — | | |
| | | | | | – 70 | — | 1367 | 13 | 29 | — | — | | |
| | | | | | – 196 | — | 1707 | 6 | 24 | — | — | | |
| | | | | Образцы с надрезом | 20 | — | 1700 | — | — | — | — | | |
| | | | | | – 70 | — | 1855 | — | — | — | — | | |
| | | | | | – 196 | — | 1975 | — | — | — | — | | |

| Механические свойства сплава при дополнительном отжиге готовых образцов | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|----------|-------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|----------|--|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | не менее | |
| [6] | Стандартный отжиг | | | Заготовки | 1090 | 1140 | 16 | 46 | 45 | — | — | | |
| | | | | под образцы | 1070 | 1150 | 16 | 48 | 40 | — | — | | |
| | Стандартный отжиг + отжиг | 530, 2 ч | Воздух | Готовые образцы | 1120 | 1170 | 16 | 51 | 39 | — | — | | |
| | | | | образцы | 1100 | 1150 | 16 | 50 | 40 | — | — | | |

| ВТ9 | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------|-------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| Механические свойства сплава при 20°C после вакуумного отжига | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [6] | Стандартный отжиг заготовок | | Воздух | Пруток ϕ 40 | — | 1131 | 10 | 16 | 40 | — | — |
| | Отжиг в вакуумном контейнере заготовок | | | | — | 1043 | 12 | 21 | 39 | — | — |
| | Отжиг в вакуумном контейнере готовых образцов | | — | | 1072 | 13 | 24 | 47 | — | — | |
| | Стандартный отжиг заготовок | | Воздух | Пруток ϕ 25 | — | 1240 | 15 | 43 | 55 | — | — |
| | Отжиг в вакуумном контейнере заготовок | | | | — | 1140 | 17 | 42 | 53 | — | — |
| | Отжиг в вакуумном контейнере готовых образцов | | | | — | 1210 | 13 | 38 | 33 | — | — |

| Механические свойства лопаток после циклического нагрева при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--------------------------------|-------------------|---|-------------|-------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----------------------|---|
| НД | Режим термообработки | | | Циклический нагрев | | t, °C | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Длительная прочность | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | t, °C | τ , ч | | | | | | не менее | |
| | [6] | Высокотемпературная деформация | | Время разрыва между деформацией и закалкой не более 30–45 ч | Без нагрева | | 20 | 1400 | 8 | 36 | 27 | — |
| Закалка в воде | | 350 | 200 | | 20 | 1300 | 10 | 28 | 23 | — | — | |
| Старение 570, 2–6 ч | | Воздух | 550 | 70 | 450 | 960 | 12 | 53 | — | 750 | 76 | |
| | | | 600 | 30 | | | | | | | | |
| Обычная штамповка | | | Без нагрева | | 20 | 1220 | 12 | 55 | 47 | — | — | |
| | | | 350 | 200 | 20 | 1200 | 13 | 27 | 22 | — | — | |
| | | | 550 | 70 | 500 | 820 | 15 | 56 | — | 550 | 97 | |
| | | | 600 | 30 | | | | | | | | |

¹ Образец снят до разрушения.

| Пределы малоциклового усталости при 20°C (прутки катаные) | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|-----------------|--|-------------|----------------|--|--|--|--|--|
| НД | Предел, Н/мм ² | N | Состояние | Сечение, мм | Микроструктура | Термообработка | | | | |
| [6] | 278 | 10 ⁴ | Исходное | ϕ 25 | Равноосная | Образцы с надрезом (диаметр в надрезе 5 мм, радиус в надрезе 0,1 мм) сплава после термической обработки в вакууме (термическая обработка по стандартному режиму + двойной отжиг в вакуумированном контейнере — загрузка контейнера в печь с температурой 950°C, выдержка 1 ч, охлаждение образцов или заготовок с контейнером до 200°C, загрузка в печь с температурой 530°C, выдержка 6 ч выгрузка контейнера на воздух, охлаждение до комнатной температуры; $\sigma = 1130$ Н/мм ²) | | | | |
| | — | 10 ⁴ | | ϕ 16 | Равноосная | | | | | |
| | 342 | 10 ⁴ | | ϕ 40 | Игольчатая | | | | | |
| | 310 | 10 ⁴ | После термической обработки в вакууме заготовок | ϕ 25 | Равноосная | | | | | |
| | 288 | 10 ⁴ | | ϕ 16 | Равноосная | | | | | |
| | 362 | 10 ⁴ | | ϕ 40 | Игольчатая | | | | | |
| | 276 | 10 ⁴ | После термической обработки в вакууме готовых образцов | ϕ 25 | Равноосная | | | | | |
| | 263 | 10 ⁴ | | ϕ 16 | Равноосная | | | | | |
| | 350 | 10 ⁴ | | ϕ 40 | Игольчатая | | | | | |

| ВТ9 | | Механические свойства сплава после испытания на длительную прочность | | | | | | | |
|-----|----------------------|--|-------------------|------------------|----------------------|------------------------------|-------------------|--------------|------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | Длительная прочность | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | t, °C | σ , Н/мм ² | τ , ч | δ , % | ψ , % |
| [6] | ПС | | | Прутки | 450 | 880 | 10 | 9 | 30 |
| | | | | кованые | 450 | 860 | 270 | 8 | 22 |
| | | | | ø 14 | 450 | 840 | 537 | 11 | 36 |
| | | | | микроструктура — | 450 | 800 | 2445 ¹ | — | — |
| | | | | корзиночного | 500 | 740 | 50 | 13 | 55 |
| | | | | плетения | 500 | 730 | 140 | 12 | 45 |
| | | | | | 500 | 700 | 90 | 12 | 57 |
| | | | | | 500 | 700 | 80 | 8 | 39 |
| | | | | | 500 | 690 | 280 | 14 | 52 |
| | | | | | 500 | 690 | 100 | 9 | 52 |
| | | | | | 500 | 680 | 100 ¹ | — | — |
| | | | | | 500 | 670 | 204 | 13 | 51 |
| | | | | | 500 | 620 | 260 | 11 | 47 |
| | | | | | 500 | 600 | 176 | 17 | 61 |
| | | | | | 500 | 600 | 758 | 7 | 49 |
| | | | | | 500 | 590 | 1168 | 15 | 49 |
| | | | | | 500 | 580 | 605 | 10 | 48 |
| | | | | | 500 | 550 | 600 | 7 | 34 |
| | | | | | 500 | 560–600 | 250 | 10 | 41 |
| | | | | | 550 | 450–500 | 50 | 18 | 54 |
| | | | | | 550 | 430 | 152 | 24 | 57 |
| | 600 | 300 | 26 | 42 | 75 | | | | |
| | 600 | 260 | 63 | 49 | 77 | | | | |
| | 600 | 240 | 9 | 47 | 77 | | | | |
| | 600 | 230 | 99 | 41 | 75 | | | | |

¹ Образец снят до разрушения.

| Механические свойства сплава после испытания на длительную прочность и ползучесть | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|-------------------|------------------|-------|------------------------------|------------------|------------------------------|------------|--------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | Длительная прочность | | Ползучесть | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | σ , Н/мм ² | τ , ч | σ , Н/мм ² | τ , ч | Остаточная деформация, % |
| [6] | ПС | | | Диски | 500 | 600 | 289 | 250 | 100 | 0,23 |
| | | | | микроструктура — | 500 | 550 | 354 | 280 | 100 | 0,14 |
| | | | | равноосная | 500 | — | — | 310 | 100 | 0,30 |
| | | | | 1–III типа | 550 | 400 | 19–122 | — | — | — |
| | | | | | 580 | 300 | 37 | 100 | 10 | 0,36 |
| | | | | | 580 | 250 | 115 | 120 | 10 | 0,16 |
| | | | | | 580 | 250 | 165 | — | — | — |
| | | | | | 580 | 220 | 313 ¹ | — | — | — |
| | | | | | 600 | 200 | 73 | 100 | 10 | 0,48 |
| | | | | | 600 | 200 | 36 | 60 | 69 | 0,48 |
| | | | | | 600 | 180 | 104 | 60 | 10 | 0,02 |
| | | | | | 600 | 120 | 400 | — | — | — |
| | | | | | 620 | 150 | 79 | 100 | 10 | 0,80 |
| | | | | | 620 | 180 | — | 60 | 93 | 1,32 |
| | | | | | 620 | — | — | 60 | 10 | 0,44 |
| | | | | | 650 | 100 | 78 | 80 | 10 | 0,72 |
| | | | | | 650 | 150 | 37 | 100 | 10 | 0,64 |
| | 650 | — | — | 120 | 10 | 0,64 | | | | |

¹ Образец снят до разрушения.

| Релаксационная стойкость [42] | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------|--------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|----|
| Сечение, мм | t, °C | σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время, сек | | | | | НВ |
| | | | 10 | 60 | 120 | 200 | 300 | |
| Пруток ø 14 | 600 | — | 860 | 840 | 820 | 800 | 780 | — |
| | 700 | — | 580 | 530 | 490 | 460 | 440 | — |
| | 750 | — | 420 | 360 | 330 | 300 | 280 | — |
| | 800 | — | 300 | 250 | 220 | 200 | 180 | — |

| ВТ9 | | Пределы длительной прочности сплава | | | | |
|------|----------------------|-------------------------------------|-------------------|---|-------|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | |
| [42] | Отожженное | | | Прутоккатанный ϕ 10–60 | 500 | 60 |
| | | | | Прутоккованный ϕ 65–100 | 500 | 60 |
| | | | | Прутоккатанный ϕ свыше 60 | 500 | 57 |
| | | | | Штампованный диск массой 101–200 кг | 500 | 60 |
| | | | | Штамповки и поковки толщиной 151–250 кг | 500 | 60 |

| Пределы длительной прочности и ползучести сплава | | | | |
|--|-----------------------|-------|---|--|
| НД | Микроструктура | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
| | | | 1·10 ² | 0,2/10 ² |
| [6] | Равноосная | 500 | 570 | 300 |
| | Корзиночного плетения | 500 | 650 | 350 |
| | Грубоигольчатая | 500 | 600 | 350 |

| Механические свойства сварных соединений из сплава | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------|-----------------------------------|-------------|-----------|--|--|-------------------------|----------------------------------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | Сварочный фактор | | КСУ, Дж/см ² | Свариваемые материалы |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | $\sigma_b^{св}/\sigma_b$, Н/мм ² | $\sigma_{100}^{св}/\sigma_{100}$, Н/мм ² | | |
| [42] | Отжиг | 950, 1 ч | Воздух до 530°C далее воздух, 6 ч | 10 | 20 500 | 0,9 — | — 0,9 | 2,5 | ВТ9 + ВТ9 ЭЛС Без присадки |

| t, °C | Предел выносливости и усталости сварного соединения сплава (ЭЛС) после отжига, Н/мм ² [6] | | | |
|-------|--|----------------|-------------|--|
| | σ_{-1} | σ_{100} | Сечение, мм | Термообработка |
| 20 | 300 | — | Пластины | Отжиг, 600°C, 1 ч, воздух |
| 20 | 225 | — | | Отжиг, 750°C, 1 ч, воздух |
| 20 | 175 | — | | Отжиг, 850°C, 1 ч, воздух |
| 20 | 250 | — | | Отжиг, 950°C, 1 ч, воздух, отжиг, 530°C, 4 ч, воздух |
| 20 | 280 | — | | Отжиг, 950°C, 1 ч, воздух, отжиг, 530°C, 6 ч, воздух |
| 500 | 280 | 630 | Пластины | Отжиг, 600°C, 1 ч, воздух |
| 500 | 200 | 600 | | Отжиг, 750°C, 1 ч, воздух |
| 500 | — | 600 | | Отжиг, 850°C, 1 ч, воздух |
| 500 | — | 620 | | Отжиг, 950°C, 1 ч, воздух, отжиг, 530°C, 4 ч, воздух |
| 500 | — | 650 | | Отжиг, 950°C, 1 ч, воздух, отжиг, 530°C, 6 ч, воздух |

Предел малоциклового усталости (на базе 1000 циклов) составляет 1000 Н/мм².

| Механические свойства сплава сварного соединения сплава (ЭЛС) после отжига | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | КСТ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [6] | Отжиг | 600, 1 ч | Воздух | Пластины | — | 1100 | — | — | 15 | 6 | — |
| | Отжиг | 750, 1 ч | Воздух | | — | 1040 | — | — | 12 | 7 | — |
| | Отжиг | 850, 1 ч | Воздух | | — | 1040 | — | — | 20 | 9 | — |
| | Отжиг | 950, 1 ч | Воздух | | — | 1170 | — | — | 27 | 22 | — |
| | Отжиг + отжиг | 530, 4 ч | Воздух | | — | — | — | — | — | — | — |
| | Отжиг + отжиг | 950, 1 ч 530, 16ч | Воздух | | — | 1040 | — | — | 23 | 19 | — |

| Технологические характеристики [42] | | | | |
|--|----------------------------------|---|--------------------|--------------------|
| Ковка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм |
| Слиток | 1180–900 | Степень деформации за один нагрев 40% | | |
| Заготовка предварительно деформированная | 1020–1000 – 850 | Степень деформации за один нагрев 40–50% (деформация в α + β -области) | | До 100 |
| | 1100–1020 – 900–950 | Степень деформации за один нагрев 40–50% (деформация в α + β -области) Степень деформации за один нагрев 40–60% (деформация в β -области) | | Свыше 100 |
| Штамповка | | Охлаждение поковок, изготовленных | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал, °C | из слитков | | из заготовок |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм |
| На прессе | 980–950 – 800 | Степень деформации за один нагрев 40–60% | | |
| На молоте | — | | | |

| ОТ4 | | Пределы длительной прочности и ползучести сплава (листы) [6] | | | | | | | | | | |
|-------|---|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--|--------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | | | | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | | | | |
| | 1·10 ² | 1·10 ³ | 2·10 ³ | 5·10 ³ | 1·10 ⁴ | 2·10 ⁴ | 0,2/10 ² | 0,2/(5·10 ²) | 0,2/10 ³ | 0,2/(2·10 ³) | 0,2/(5·10 ³) | |
| 250 | — | 520 | 520 | 520 | 520 | — | 470 | — | 430 | 430 | — | |
| 300 | 560 | 480 | 480 | 480 | 480 | 480 | 450 | 370 | 350 | 280 | 230 | |
| 350 | — | 460 | 460 | — | — | — | 330 | 310 | 270 | — | — | |
| 400 | — | 430 | — | — | — | — | 200 | — | — | — | — | |
| 450 | — | — | — | — | — | — | 50 | — | — | — | — | |
| 550 | 100 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |

| Механические свойства сплава различного сортамента при 20°C | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------|--|------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|---------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Угол загиба, град. (R=s) | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [6, 42] | В состоянии поставки | | | Толщина | не менее или в пределах | | | | | | | |
| | | | | Листы | | | | | | | | |
| | | | | 0,5–1,0 | — | 686–834 | 20 | — | — | 70–80 | — | |
| | | | | 1,2–1,8 | — | 686–883 | 15 | — | — | 60 | — | |
| | В состоянии поставки | | | 12–20 21–60 | Плиты | | | | | | | |
| | | | | | — | 686–883 | 8 | 20 | — | — | — | |
| | | | | | — | 686–883 | 7 | 20 | — | — | — | |
| | | | | | Прутки (образцы продольные) | | | | | | | |
| | Отожженные | | | φ 10–60 | — | 686–883 | 12 | 30 | 40 | — | 206–285 | |
| | | | | | φ 65–100 | — | 686–883 | 10 ¹ | 30 ¹ | 40 | — | 206–285 |
| | | | | Прутки (образцы поперечные) | | | | | | | | |
| | | | | φ 101–150 | — | 637–883 | 8,5 | 20 | 35 | — | 206–285 | |
| | | | | | φ 140–250 | — | 637–883 | 8,5 | 20 | 35 | — | 206–285 |
| | | | | Прутки (образцы тангенциальные) | | | | | | | | |
| | | | | φ 140–250 | — | 637–883 | 10 | 25 | 40 | — | 206–285 | |
| | | | | | Штамповки и поковки (образцы продольные) | | | | | | | |
| | | | | До 100 | — | 686–883 | 10 ¹ | 30 ¹ | 35 | — | 206–285 | |
| | | | | | Штамповки и поковки (образцы поперечные) | | | | | | | |
| | 101–250 | — | 637–883 | 8,5 | 20 | 35 | — | 206–285 | | | | |
| | | Трубы бесшовные | | | | | | | | | | |
| Толщина стенки 1,0–4,0 | — | 686–834 | 10 | — | — | — | — | | | | | |
| | Трубы прессованные | | | | | | | | | | | |
| Образцы горячепрессованные | | | Толщина стенки 5,0–20,0 | — | 618–834 | 8 | — | — | — | — | | |
| | | | | Проволока | | | | | | | | |
| Отожженные | | | φ 1,0–1,4 φ 1,5–3,0 φ 3,5–7,0 | — | ≤ 834 | 7 | — | — | — | — | | |
| | | | | — | ≤ 834 | 9 | — | — | — | — | | |
| | | | | — | ≤ 834 | 10,5 | — | — | — | — | | |

¹ Относительное удлинение (δ) и сужение (ψ), определяемые на образцах, вырезанных в поперечном направлении волокна, могут быть снижены на 20% по сравнению со значениями, установленными для образцов, вырезанных в продольном направлении волокна.

| ОТ4 | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|-------------------|--------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|------|-------------------------|----|
| Механические свойства сплава при 20°C (листы толщиной 2 мм) после длительного старения | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | τ, ч | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | σ _{пл} , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [6] | ПС | | | 20 | — | 716 | 785 | 441 | 13 | — | — | — |
| | | | | 200 | 2000 | — | 814 | — | 13 | — | — | — |
| | | | | 200 | 5000 | 735 | 824 | 490 | 14 | — | — | — |
| | | | | 200 | 10000 | 735 | 843 | 490 | 14 | — | — | — |
| | | | | 200 | 20000 | 726 | 834 | 471 | 11 | — | — | — |
| | | | | 200 | 30000 | — | 834 | — | 12 | — | — | — |
| | | | | 300 | 3000 | 755 | 853 | 549 | 13 | — | — | — |
| | | | | 300 | 5000 | 735 | 824 | 559 | 13 | — | — | — |
| | | | | 300 | 10000 | 775 | 863 | 559 | 13 | — | — | — |
| | | | | 300 | 20000 | 755 | 863 | 579 | — | — | — | — |
| Коррозионная стойкость [6] | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | | |
| Общая | | Коррозионная стойкость аналогична сплаву ВТ1. | | | | | | | | | | |
| Точечная | | Стойкость сплава в агрессивных средах: | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | в серноокислом травильном растворе (16% H ₂ SO ₄ ; 2% NaCl; 2% NaNO ₃) при 80°C скорость коррозии 0,06 мм/год, в солянокислом травильном растворе (20% HCl; 3% FeCl ₂) при 20°C скорость коррозии 0,017 мм/год | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | |
| Ковка [81] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 1080–850 | Технология прокатки аналогична для сплава ВТ1. Листы из сплава удовлетворительно штампуются при комнатной температуре и хорошо при 500°C. | | | | | | | | | | |
| Заготовка предварительно деформированная | 980–800 | Степень деформации за один нагрев 40–70% | | | | | | | | | | |
| Штамповка [6] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| На молоте | 910–950 – 750 | Степень деформации за один нагрев 40–70% | | | | | | | | | | |
| Характеристики штампуемости листов из титановых сплавов средней прочности | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Толщина s, мм | Вытяжка | Отбортовка | Выдавка | Радиус при гибке на 90° | | | | | | |
| | | | K _{выт} | K _{отб} | K _{выд} , % | R _{мин} , мм | | | | | | |
| [42] | 20 | До 1,0 | 1,5–1,6 | — | — | (2,0–2,5)·s | | | | | | |
| | 20 | 1,0–3,0 | 1,6–1,7 | — | — | (2,5–3,0)·s | | | | | | |
| | 20 | Свыше 3,0 | 1,4–1,5 | — | — | (3,0–4,0)·s | | | | | | |
| | 20 | 0,3–0,7 | — | 1,3–1,4 | 6–10 | — | | | | | | |
| | 20 | 0,8–1,5 | — | 1,5–1,6 | 12–14 | — | | | | | | |
| | 20 | 1,6–3,0 | — | 1,35–1,5 | 10–12 | — | | | | | | |
| Свариваемость [81] | | | | | Обрабатываемость резанием [81] | | | | | | | |
| Сваривается удовлетворительно. Способ сварки: РАД, ААД | | | | | Обрабатываемость резанием близка аналогичным свойствам сплавов ВТ1 и ВТ5 | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Марка сплава | Вид поставки | | | | | | | |
| OT4-0 | Деформируемые полуфабрикаты — ГОСТ 19807-91. Листы — ГОСТ 22176-76. Прутки — ГОСТ 26492-85. | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19807-91 | | | | | | | | |
| C | Mn | Al | Fe | N | H | O | Zr | Ti |
| ≤ 0,10 | 0,20-1,30 | 0,20-1,40 | ≤ 0,30 | ≤ 0,05 | ≤ 0,012 | ≤ 0,15 | ≤ 0,30 | Основа |

Механические свойства

| | | | | | |
|--|---------------------------|----------------|---------|-------------|-------------------|
| Режимы термической обработки сплава | | | | | |
| НД | Сортамент | Операция | t, °C | Выдержка, ч | Охлаждающая среда |
| [42] | Лист | Отжиг | 590-640 | — | — |
| | Пруток, поковка штамповка | Отжиг | 690-740 | — | — |
| | | Неполный отжиг | 480-520 | — | — |

Назначение. Для изготовления листовых полуфабрикатов, а также поковок, штамповок, профилей, прутков, труб и т.п.
Сплав титановый низкопрочный на основе α-структуры, с небольшим количеством β-структуры.

Гарантированные механические свойства

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | Лист | 20 | 450 | 500-650 | 20 | 45 | — | — | — |

Гарантированные механические свойства поковок и штамповок из сплава

| | | | | | | | | | | | |
|------|----------------------|-------|-------------------|----------------|---|------------------------------------|---------|------|-------------------------|-----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | Толщина До 100 | Поковки и штамповки (образцы продольные) ¹ | | | | | | |
| | | | | | — | 490-637 | 20 | 45 | 70 | — | 4,2-4,8 |
| | | | | 101-150 | Поковки и штамповки (образцы поперечные) | | | | | | |
| — | 441-637 | 17 | 30 | | 50 | — | 4,2-4,8 | | | | |

¹ Механические свойства, которые определяются на образцах, вырезанных в поперечном направлении волокна, по относительному удлинению и сужению могут быть снижены на 20% по сравнению со значениями, установленными для образцов, вырезанных в продольном направлении волокна. Механические свойства штамповок и поковок из сплава, определяемые в высотном направлении волокна, устанавливаются по соглашению сторон.

Гарантированные механические свойства листов

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|------|-------------------------|--------------------------|--------|---|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Угол загиба, град. (R=s) | HB | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | В состоянии поставки | | | Толщина | Листы | | | | | | | |
| | | | | | 0,3-0,4 | — | 490-637 | 25 | — | — | 140 | — |
| | | | | | 0,5-1,8 | — | 490-637 | 30 | — | — | 80-130 | — |
| | | | | | 2,0-6,0 | — | 490-637 | 25 | — | — | 80 | — |
| | | | | | 6,5-10,0 | — | 490-637 | 30 | — | — | 80 | — |

Гарантированные механические свойства прутков

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------|---------|-------------------|-----------------------|--|------------------------------------|---------|------|-------------------------|-----|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | φ 10-60 | Прутки (образцы продольные) ¹ | | | | | | |
| | | | | | — | 490-637 | 20 | 45 | 70 | — | 4,2-4,8 |
| | | | | | — | 490-637 | 20 | 45 | 70 | — | 4,2-4,8 |
| | | | | φ 65-100 ¹ | Прутки (образцы поперечные) | | | | | | |
| | | | | | — | 441 | 15 | 35 | 50 | — | — |
| | | | | φ 101-150 | Прутки (образцы поперечные) | | | | | | |
| | | | | | — | 441-637 | 17 | 30 | 50 | — | 4,2-4,8 |
| φ 101-150 | Прутки (образцы поперечные) | | | | | | | | | | |
| | — | 441 | 10 | 25 | 40 | — | — | | | | |
| φ 140-250 | Прутки (образцы поперечные) | | | | | | | | | | |
| | — | 441-637 | 17 | 30 | 50 | — | 4,2-4,8 | | | | |
| φ 140-250 | Прутки (образцы тангенциальные) | | | | | | | | | | |
| | — | 441-637 | 17 | 35 | 60 | — | 4,2-4,8 | | | | |

¹ Механические свойства, которые определяются на образцах, вырезанных в поперечном направлении волокна, по относительному удлинению и сужению могут быть снижены на 20% по сравнению со значениями, установленными для образцов, вырезанных в продольном направлении волокна.

² Механические свойства, которые определяются на образцах, вырезанных в поперечном направлении волокна, по относительному удлинению и сужению и ударной вязкости могут быть снижены на 20% по сравнению со значениями, установленными для образцов, вырезанных в продольном направлении волокна.

| ОТ4-0 | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|----------------|-------------------|--|---|------------------------------------|---|--|---|--------------------|--|-----|----|
| Гарантированные механические свойства труб | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [42] | Отожженные | | | Толщина стенки 0,5–2,0 1,0–4,0 | Трубы бесшовные | | | | | | | | |
| | | | | | не менее или в пределах | | | | | | | | |
| | Горячепрессованные | | | 1,5–2,0 5,0–20,0 | Трубы сварные | | | | | | | | |
| | | | | | Трубы прессованные | | | | | | | | |
| Механические свойства сплава при различных температурах | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | $\sigma_{пл}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [42] | ПС | | | Прутки | – 196 | 1050 | 1150 | — | 10 | 16 | 50 | — | — |
| | | | | | – 70 | 510 | 570 | 320 | 20 | 42 | 90 | — | — |
| | | | | | 20 | 500 | 550 | 300 | 25 | 45 | 10 | — | — |
| | | | | | 250 | 280 | 330 | 300 | 30 | 47 | — | — | — |
| | | | | | 300 | 260 | 320 | 180 | 30 | 50 | — | — | — |
| | | | | | 400 | 250 | 290 | 150 | 30 | 55 | — | — | — |
| Предел выносливости листов (s=1 мм), Н/мм ² [42] | | | | Характеристики трещиностойкости листов (s=1 мм) [42] | | | | Пределы длительной прочности и ползучести листов (s=1 мм) [42] | | | | | |
| t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | t, °C | σ_b^H/σ_b (K _t =2,6) | КСТ, Дж/см ² | N·10 ³ (МЦУ) ($\sigma_{max}=0,7\cdot\sigma_b$) (K _t =2,6) | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | | |
| 20 | 300 | — | 10 ³ | 20 | 1,40 | 0,70 | 9,6 | 250 | 5·10 ² | | 0,2/10 ² | | |
| 250 | 280 | — | 10 ³ | | | | | 350 | 350 | | 300 | | |
| 350 | 250 | — | 10 ³ | | | | | 400 | 320 | | 260 | | |
| 400 | 220 | — | 10 ³ | | | | | 280 | | 150 | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | | | |
| Ковка [42] | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | | | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | | 950–1050 – 750 | | Степень деформации за один нагрев 30–50% | | | | | | | | | |
| Заготовка | | | | | | | | | | | | | |
| Характеристики штампуемости листов из титановых сплавов низкой прочности | | | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Толщина s, мм | Вытяжка | | Отбортовка | | Выдавка | | Радиус при гибке на 90° | | | | |
| | | | K _{выт} | | K _{отб} | | K _{выд} , % | | R _{min} , мм | | | | |
| [42] | 20 | До 1,0 | 1,55–1,85 | | — | | — | | (1,8–2,5)·s | | | | |
| | 20 | 1,0–3,0 | 1,85–2,00 | | — | | — | | (2,0–2,5)·s | | | | |
| | 20 | Свыше 3,0 | 1,50–1,65 | | — | | — | | (2,5–3,5)·s | | | | |
| | 20 | 0,3–0,7 | — | | 1,40–1,65 | | 12–15 | | — | | | | |
| | 20 | 0,8–1,5 | — | | 1,70–1,75 | | 18–20 | | — | | | | |
| | 20 | 1,6–3,0 | — | | 1,50–1,60 | | 15–18 | | — | | | | |
| Механические свойства сварных соединений титанового сплава после автоматической аргодуговой электросварки | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Присадочный материал | Сечение, мм | t _{исп} , °C | σ_b , Н/мм ² | Угол загиба, град. (R=s) | σ_{-1} , Н/мм ² | N | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [42] | Без термообработки | | | Без присадки | Толщина 1,5–3,0 | 20 | 490–635 | 100–130 | 215 | 10 ⁷ | — | | |
| | | | | | | 300 | 295–365 | — | 185 | 10 ⁷ | — | | |
| | | | | | | 400 | 245–295 | — | — | — | — | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|------|--|-----------|------|------|------|-------|------|--------|--------|
| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | |
| ОТ4-1 | | Листы — АМТУ 475–2–67. Трубы — АМТУ 386–4–65. Деформируемые полуфабрикаты — ГОСТ 19807–91. | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19807–91 | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | Al | Fe | Zr | N | H | O | Прочие | Ti |
| 0,10 | 0,12 | 0,70–2,00 | 1,50–2,50 | 0,30 | 0,30 | 0,05 | 0,012 | 0,15 | 0,30 | Основа |

Примечания.

1. Массовая доля элементов максимальная, если не приведены пределы.
2. Массовая доля Cu и Ni в сплаве не должна быть более 0,10% (в сумме); в том числе Ni не более 0,08%.
3. В графу “Прочие” входят элементы, оговоренные в п. 2, а также другие элементы, приведенные в таблице и являющиеся примесями.

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|------|---------------------------|---------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [41] | Полный отжиг ¹ | 740–760 | Воздух | До 60 | 20 | — | 588–735 | 20–40 | — | 49–98 | — |

¹ Массивные полуфабрикаты (прутки, поковки, штамповки, трубы) и изделия из них отжигают при 740–760°С. Неполный отжиг проводят при 520–560°С. Листы отжигают при 640–660°С.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|------|----------------------|---------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------|------------|-------------------------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [81] | Полный отжиг | 740–760 | Воздух | До 60 | 20 | 461–637 | 588–735 | 20–40 ² | — | 49–98 | 210–250 |
| | | | | | 350 | 245–412 | 323–470 | 13–25 ² | — | — | — |
| | | | | | 400 | 235–382 | 304–441 | 12–25 ² | — | — | — |
| | | | | | 450 | — | 294–421 | 15–35 ² | — | — | — |

² Относительное удлинение (δ) в % при $l = 5,65 \sqrt{F_0}$.

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | НВ |
|------|----------------------|---------|-------------------|------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [83] | Стандартный отжиг | 740–790 | Воздух | Поковки. Толщина | 20 | — | 652 | — | — | 69 | 241–248 |
| | Нормализация | 900 | Воздух | 110 | 20 | — | 727 | — | — | 89 | 255 |

Назначение. Для изготовления полуфабрикатов (листов, лент, фольги, полос, плит, прутков, профилей, труб, поволоков и штампованных заготовок) методом деформации, а также слитков.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°С (ПНАЭГ–7–008–89).

Структура — $\alpha + \beta$.

| Предел выносливости, Н/мм ² [81] | | | | Термообработка | Пределы длительной прочности и ползучести [81] | |
|---|---------------|-------------|-----------------|----------------|--|---|
| | | | | | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч |
| t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | | 50 | 0,2/50 |
| 20 | 333–392 | — | 10 ⁷ | ПС | 294–392 | 176–245 |

| ОТ4-1 | | Гарантируемые механические свойства | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|--------------------------|---------|---------|
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Угол загиба, град. (R=s) | НВ | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | | | | не менее или в пределах | | | | | | | | |
| | Отжиг | 640–690 | Воздух | Толщина | Листы | | | | | | | |
| | | | | | 550 | 600–750 | 15 | 35 | — | — | — | |
| | | | | | — | 588–735 | 25 | — | — | 140 | — | |
| | | | | | — | 588–735 | 30 | — | — | 80–130 | — | |
| | В состоянии поставки | | | 0,3–0,4 | — | 588–735 | 25 | — | — | 80 | — | |
| | В состоянии поставки | | | 0,5–1,8 | — | 588–735 | 25 | — | — | 80 | — | |
| | В состоянии поставки | | | 2,0–6,0 | — | 588–735 | 20 | — | — | 80 | — | |
| | В состоянии поставки | | | 6,5–10,0 | — | 588–735 | 20 | — | — | 80 | — | |
| | | | | Плиты | | | | | | | | |
| | | | | 12–20 | — | 588–735 | 10 | 21 | — | — | — | |
| | | | | 21–60 | — | 588–735 | 9 | 21 | — | — | — | |
| | Отжиг | 740–790 | Воздух | Толщина | Прутки (образцы продольные) | | | | | | | |
| | | | | | ϕ 10–60 | — | 588–735 | 15 | 35 | 45 | — | 197–255 |
| | | | | ϕ 65–100 | — | 588–735 | 15 | 35 | 45 | — | 197–255 | |
| | | | | Прутки (образцы поперечные) | | | | | | | | |
| | | | | ϕ 140–150 | — | 539–735 | 12 | 23 | 40 | — | 197–255 | |
| | | | | ϕ 151–250 | — | 539–735 | 10 | 23 | 40 | — | 197–255 | |
| ϕ 100–150 | | | | — | 539–735 | 12 | 23 | 40 | — | 197–255 | | |
| Прутки (образцы тангенциальные) | | | | | | | | | | | | |
| ϕ 140–250 | | | | — | 559–735 | 12 | 28 | 45 | — | 197–255 | | |
| Поковки и штамповки (образцы продольные) | | | | | | | | | | | | |
| До 100 | | | | — | 588–735 | 15 | 35 | 45 | — | 197–255 | | |
| 101–150 | | | | — | 539–735 | 12 | 23 | 40 | — | 197–255 | | |
| 151–250 | — | 539–735 | 10 | 23 | 40 | — | 197–255 | | | | | |
| | | | Трубы бесшовные | | | | | | | | | |
| | | | 1,0–4,0 | — | 588–735 | 12 | — | — | — | — | | |
| Горячепрессованные | | | Трубы прессованные | | | | | | | | | |
| | | | 5,0–20,0 | — | 520–735 | 10 | — | — | — | — | | |
| Отжиг | 740–790 | Воздух | Проволока | | | | | | | | | |
| | | | ϕ 1,0–1,4 | — | ≤ 785 | 7,5 | — | — | — | — | | |
| | | | ϕ 1,5–3,0 | — | ≤ 785 | 9 | — | — | — | — | | |
| | | | ϕ 3,5–7,0 | — | ≤ 785 | 12 | — | — | — | — | | |
| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42, 81] | Отжиг | 740–790 | Воздух | До 100 | – 196 | 1150 | 1280 | 16 | 22 | 50 | — | — |
| | | | | | – 70 | 590 | 715 | 27 | 38 | 70 | — | — |
| | | | | | 20 | 570 | 700 | 30 | 40 | 70 | — | — |
| | | | | | 250 | 380 | 450 | 30 | 43 | — | — | — |
| | | | | | 300 | 370 | 430 | 28 | 45 | — | — | — |
| | | | | | 400 | 330 | 380 | 22 | 50 | — | — | — |

| ОТ4-1 | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|------------------|--|---|-------------------------|---|--|---|--|--|
| Предел выносливости листов (s=1 мм), Н/мм ² [42] | | | | Характеристики трещиностойкости листов (s=1 мм) [42] | | | | Пределы длительной прочности и ползучести листов (s=1 мм) [42] | | | |
| t, °C | σ ₋₁ | τ ₋₁ | N | t, °C | σ _в ^H /σ _в (K _t =2,6) | KCT, Дж/см ² | N·10 ³ (МЦУ) (σ _{max} =0,7·σ _в) (K _t =2,6) | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч | |
| | | | | | | | | | 1·10 ² | 0,2/10 ² | |
| 20 | 360 | — | 10 ³ | | | | | 300 | 440 | 290 | |
| 300 | 260 | — | 10 ³ | 20 | 1,35 | 65 | 9,5 | 400 | 290 | 190 | |
| 400 | 200 | — | 10 ³ | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [81] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | | | Среда | | | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | |
| Общая | | | | Коррозионная стойкость аналогична сплаву ВТ1 | | | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка [81] | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | | из заготовок | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | |
| Слиток | 1000–800 | Сплав имеет высокую технологическую пластичность, как при ковке, так и при прокатке в горячем состоянии. Пластичность в холодном состоянии хорошая. Листовая штамповка деталей осуществляется в холодном состоянии. При штамповке особенно сложных деталей применяется промежуточный отжиг. Предельный коэффициент вытяжки при штамповке ≈ 1,18. Горячая листовая штамповка может осуществляться при температурах выше 500°C. Отжиг сплава для снятия нагартовки производится при температурах 580–700°C, для снятия остаточных напряжений — при 500–600°C. Сплав не снижает пластичность после нагрева до 450°C и выдержки в течении 100 ч. | | | | | | | | | |
| Заготовка | ПС | | | | | | | | | | |
| Характеристики штампуемости листов из титановых сплавов низкой прочности | | | | | | | | | | | |
| НД | t, °C | Толщина s, мм | Вытяжка | Отбортовка | Выдавка | Радиус при гибке на 90° | | | | | |
| | | | K _{выт} | K _{отб} | K _{выдв} , % | R _{min} , мм | | | | | |
| [42] | 20 | До 1,0 | 1,55 | — | — | (1,8–2,5)·s | | | | | |
| | 20 | 1,0–3,0 | 1,80–1,85 | — | — | (2,0–2,5)·s | | | | | |
| | 20 | Свыше 3,0 | 1,45–1,60 | — | — | (2,5–3,5)·s | | | | | |
| | 20 | 0,3–0,7 | — | 1,35–1,65 | 12–15 | — | | | | | |
| | 20 | 0,8–1,5 | — | 1,60–1,70 | 18–20 | — | | | | | |
| | 20 | 1,6–3,0 | — | 1,45–1,55 | 15–18 | — | | | | | |
| Свариваемость [81] | | | | | Обрабатываемость резанием [81] | | | | | | |
| Хорошо сваривается. Способы сварки: РАД, АФ, КТ | | | | | Сплав удовлетворительно обрабатывается резанием | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------|-------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
| АТ-2 | | Листы — СТУ 559–6–69. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ОСТ 1–90013–71 | | | | | | | | | | | |
| Al | | | Mo | | | Zr | | | Ti | | |
| 2,00 | | | 1,00 | | | 2,00 | | | Основа | | |
| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | HRC | НВ |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | не менее или в пределах | | | | | | |
| [81] | Состояние листов | | | — | Листы | | | | | | |
| | Отожженные | | | | — | — | 600–750 | 20 | 50 | 120 | — |
| Назначение. Предназначен для изготовления полуфабрикатов (листов, лент, фольги, полос, плит, прутков, профилей, труб, поковок и штампованных заготовок) методом деформации, а также слитков. | | | | | | | | | | | |
| Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 520°C (ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | |
| Псевдоальфа–сплав (структура $\alpha+\beta$). | | | | | | | | | | | |
| Коэффициент чувствительности к надрезу | | | | | | > 1,0 | | | | | |
| Технологические характеристики [29] | | | | | | | | | | | |
| Пластическая деформация | | | | | | | | | | | |
| Сплав удовлетворительно деформируется в холодном состоянии. | | | | | | | | | | | |
| Обработка давлением без подогрева применяется при гибке, вытяжке, отбраковке и других операциях на тонких листах. | | | | | | | | | | | |
| Способность сплава к формоизменению при штамповке и ковке несколько хуже, чем аустенитных, нержавеющей и углеродистых сталей. | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | | |
| Удовлетворительно сваривается в защитных инертных газах (аргоне, гелии) неплавящимся вольфрамовым электродом, плавящимся электродом в вакууме или под специальными бескислородными флюсами. Для снижения сварочных остаточных напряжений возможно применение отжига при температурах от 670 до 850°C. Титан не сваривается обычными методами с углеродистой и нержавеющей сталями. При необходимости применяют либо резьбопаяные соединения, либо сварку взрывом. | | | | При производительных методах резания в месте контакта режущего инструмента и заготовки возникает высокая температура, удлиняется стружка, насыщается газом металл и поверхность заготовки теряет пластичность. Титан налипает на режущую поверхность. Нарост периодически срывается скользящей стружкой с вырывом микроучастков металла режущего инструмента, что вызывает потерю заданной геометрии, резко возрастают усилия резания и температура в месте контакта. Для снижения температуры реза в месте контакта со стружкой используют интенсивное охлаждение при малых скоростях резания с большими подачей и глубиной резания. Инструмент должен иметь высокую частоту обработки граней, большую жесткость и малый вылет в держателе. Хорошие результаты достигаются при резании инструментом, оснащенным пластинами из твердого сплава ВК6М; при чистовой и получистовой обработке допускается применение пластин из сплава ВК2. Неплохие результаты получаются при применении режущего инструмента из быстрорежущих сталей. | | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | |
|---|---|---------------------|-------------------|-------------|--------|---|---|------|-------------------------------|-------------------------|-----|----|
| ПТ-1М | | Трубы — НД заводов. | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по [28] | | | | | | | | | | | | |
| Al | Zr | V | C | Si | Fe | O | N | H | Суммарное содержание примесей | Ti | | |
| 0,20–0,70 | — | — | — | — | — | — | — | — | ≤ 0,83 | Основа | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [28] | Состояние поставки | | | — | 20 | 265 | 343 | 22 | 50 | 98 | — | — |
| | Трубы горячедеформированные | | | — | 150 | 157 | 216 | — | — | — | — | — |
| Сплав и его сварные соединения сохраняют необходимый уровень механических свойств после радиационного облучения потоком быстрых нейтронов при флюенсе до 5·10 ¹⁸ нейтр/см ² . | | | | | | | | | | | | |
| Назначение. Используется в реакторных установках с водным теплоносителем в виде труб в малонагруженных конструкциях теплообменников, работающих при температуре до 150°C. | | | | | | | | | | | | |
| Структура — немагнитная α-фаза. | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [28] | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | | | | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | | | | | |
| Общая | Сплав отличается высокой коррозионной стойкостью и коррозионно-механической прочностью в морской воде, пресной воде, паре высоких параметров, содержащем кислород и хлориды | | | | 350 | 80000 | ≤ 0,03 мг/(м ² ·ч) | | | | | |
| Точечная | | | | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | | | | t, °C | Длительность, ч | Скорость коррозии | | | | | |
| Общая | Вода, пар | | | | 350 | 80000 | ≤ 0,03 мг/(м ² ·ч) | | | | | |
| Щелевая и питтинговая | Вода высоких параметров, пар, водный раствор с массовой долей NaCl < 2% | | | | — | — | Коррозия отсутствует | | | | | |
| | Нейтральный и подкисленный раствор с массовой долей NaCl > 2% | | | | > 130 | — | Коррозия щелевая | | | | | |
| | Нейтральный и подкисленный раствор с массовой долей NaCl > 3% | | | | > 180 | — | Коррозия питтинговая | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | Вода, пар | | | | До 350 | — | Не чувствителен | | | | | |
| | Нейтральный водный раствор с массовой долей NaCl > 3% | | | | — | — | Снижение коррозионно-механической прочности не превышает 5% | | | | | |
| | Сплав не чувствителен к горячесолевному растрескиванию при отложении NaCl в зоне перегрева до 350°C даже при напряжениях равных пределу текучести | | | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | — | | | | — | — | — | | | | | |
| Технологические характеристики [28] | | | | | | | | | | | | |
| Свариваемость | | | | | | Обрабатываемость резанием | | | | | | |
| Хорошо сваривается. Способы сварки: все виды сварки в инертных газах. Сплав мало чувствителен к изменению свойств в зоне термического влияния под действием термического цикла сварки в большом диапазоне скоростей охлаждения. Для сварки применяют сварочную проволоку и присадочные прутки из сплавов марок 2В св. и ПТ-7М св. Сварные соединения сплава равнопрочны основному металлу | | | | | | Сплав удовлетворительно обрабатывается резанием | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | |
|--|------|---|------|------|------|------|------|-------|-----------------------|--------|
| ПТ-3В | | Листы — НД заводов. Трубы — НД заводов. | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19807-91 | | | | | | | | | | |
| Al | Zr | V | C | Si | Fe | O | N | H | Сумма прочих примесей | Ti |
| 3,50–5,00 | 0,30 | 1,20–2,50 | 0,10 | 0,12 | 0,25 | 0,15 | 0,04 | 0,006 | 0,30 | Основа |

Примечания

1. Массовая доля элементов максимальная, если не приведены пределы.
2. В сплаве, не содержащем в качестве легирующих элементов хром и марганец, массовая доля последних не должна превышать 0,15% (в сумме).
3. Массовая доля меди и никеля в сплаве должна быть не более 0,10% (в сумме), в том числе никеля не более 0,08%.
4. В графу “Сумма прочих примесей” входят элементы, оговоренные в п.п. 2 и 3, а также другие элементы, приведенные в таблице и являющиеся примесями.

Массовая доля элементов, %, по [28]

| Al | Zr | V | C | Si | Fe | O | N | H | Суммарное содержание примесей | Ti |
|-----------|----|-----------|---|----|----|---|---|---|-------------------------------|--------|
| 3,80–5,00 | — | 1,40–2,30 | — | — | — | — | — | — | 1,17 | Основа |

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [28] | Состояние поставки | | | — | 20 | 540 | 588 | 5 | 13 | 59 | — | — |
| | Листы отожженные | | | | 350 | 245 | 294 | — | — | — | — | — |

Сплав и его сварные соединения сохраняют необходимый уровень механических свойств после радиационного облучения потоком быстрых нейтронов при флюенсе до $5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-2}$.

Назначение. Сплав используется в виде листов, поковок, штамповок для изготовления различных деталей теплообменного оборудования, например, трубных досок.

Максимальная допустимая температура применения 350°C.

Структура — немагнитная α -фаза.

Режимы отжига [42]

1. Отжиг листов 640–690°C.
2. Отжиг прутков, поковок, штамповок 740–790°C.
3. Неполный отжиг 520–560°C.

Примечания.

1. Условия нагрева и охлаждение — на воздухе, в защитной атмосфере.
2. Неполный отжиг рекомендуется проводить для снятия остаточных напряжений, возникающих в процессе механической обработки, листовой штамповки, сварки и некоторых других операций.

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|-----------------------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [85] | Без термической обработки | | | — | — | 635–885 | 6–10 | 25 | 70 | — | — |
| | Отжиг одинарный, двойной, тройной | | | | | | | | | | |

| ПТ-3В | | Коррозионная стойкость [28] | | | |
|--|---|---|---|--|-----------------------------|
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | |
| Общая | Сплав отличается высокой коррозионной стойкостью и коррозионно-механической прочностью в морской воде, пресной воде, паре высоких параметров, содержащем кислород и хлориды | | | | |
| Точечная | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Скорость коррозии | |
| Общая | Вода, пар | 250 | 80000 | $\leq 0,004 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ | |
| Щелевая и питтинговая | Вода высоких параметров, пар, слабокислый и слабощелочной водный раствор с массовой долей NaCl < 2% | — | — | Коррозия отсутствует | |
| | Нейтральный и подкисленный раствор с массовой долей NaCl > 2% | > 130 | — | Возможна щелевая коррозия | |
| | Нейтральный и подкисленный раствор с массовой долей NaCl > 3% | > 180 | — | Возможна питтинговая коррозия | |
| Коррозионное растрескивание | Вода, пар | До 350 | — | Не чувствителен | |
| | Нейтральный водный раствор с массовой долей NaCl 3% | 20 | — | Снижение коррозионно-механической прочности не превышает 15% | |
| | Сплав не чувствителен к горячесолевому растрескиванию при отложении NaCl в зоне перегрева до 350°C даже при напряжениях равных пределу текучести | | | | |
| Межкристаллитная | — | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | |
| Ковка [42] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | — | — | — | Степень деформации за один нагрев 40–70%. | После деформации на воздухе |
| Заготовка предварительно деформированная | 950–700 | — | — | Степень деформации за один нагрев 40–70%. | После деформации на воздухе |
| Штамповка [42] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| На прессе | 890–650 | Степень деформации за один нагрев 40–70%. Охлаждение после деформации на воздухе | | | |
| На молоте | 950–700 | | | | |
| Свариваемость [28] | | | Обработываемость резанием [28] | | |
| <p>Хорошо сваривается.</p> <p>Способы сварки: все виды сварки в инертных газах.</p> <p>Сплав мало чувствителен к изменению свойств в зоне термического влияния под действием термического цикла сварки в большом диапазоне скоростей охлаждения.</p> <p>Для сварки применяют сварочную проволоку и присадочные прутки из сплавов марок 2В св. и ПТ-7М св.</p> <p>Сварные соединения сплава равнопрочны основному металлу</p> | | | Сплав удовлетворительно обрабатывается резанием | | |

| | |
|---------------------|---|
| Марка сплава | Вид поставки |
| ПТ-7М | Листы — НД заводов. Трубы — НД заводов. |

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19807-91

| | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|---|------|------|------|------|------|-------|-----------------------|--------|
| Al | Zr | V | C | Si | Fe | O | N | H | Сумма прочих примесей | Ti |
| 1,80–2,50 | 2,00–3,00 | — | 0,10 | 0,12 | 0,25 | 0,15 | 0,04 | 0,006 | 0,30 | Основа |

Примечания

1. Массовая доля элементов максимальная, если не приведены пределы.
2. В сплаве, не содержащем в качестве легирующих элементов хром и марганец, массовая доля последних не должна превышать 0,15% (в сумме).
3. Массовая доля меди и никеля в сплаве должна быть не более 0,10% (в сумме), в том числе никеля не более 0,08%.
4. В графу “Сумма прочих примесей” входят элементы, оговоренные в п.п. 2 и 3, а также другие элементы, приведенные в таблице и являющиеся примесями.

Массовая доля элементов, %, по [33]

| | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|---|---|----|----|---|---|---|-------------------------------|--------|
| Al | Zr | V | C | Si | Fe | O | N | H | Суммарное содержание примесей | Ti |
| 1,80–2,50 | 2,00–3,00 | — | — | — | — | — | — | — | ≤ 0,87 | Основа |

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|-----------------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [28] | Состояние поставки | | | — | 20 | 372 | 471 | 18 | 36 | 78 | — | — |
| | Трубы горячедеформированные | | | | 350 | 176 | 235 | — | — | — | — | — |

Сплав и его сварные соединения сохраняют необходимый уровень механических свойств после радиационного облучения потоком быстрых нейтронов при флюенсе до $5 \cdot 10^{18}$ нейтр/см².

Назначение. Применяется для изготовления теплообменного оборудования (парогенераторов, конденсаторов, опреснительных установок, теплообменников), например, в трубных системах парогенераторов. Максимальная допускаемая температура применения 350°C. Давление до 15 Н/мм².

Структура — немагнитная α -фаза.

Гарантируемые механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [42] | Состояние | | | — | не менее или в пределах | | | | | | |
| | Отожженное | | | | 450 | 500–650 | 20 | — | — | — | — |
| | Отожженное | | | | 1,0–2,0 | — | 490–640 | 20 | — | — | — |

Режимы отжига [42]

1. Отжиг листов 600–650°C.
2. Отжиг прутков, поковок, штамповок 600–650°C.
3. Неполный отжиг 500–540°C.

Примечания.

1. Условия нагрева и охлаждения — на воздухе, в защитной атмосфере.
2. Неполный отжиг рекомендуется проводить для снятия остаточных напряжений, возникающих в процессе механической обработки, листовой штамповки, сварки и некоторых других операций.

Гарантируемые механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | $\sigma_{пл}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Состояние | | | — | не менее или в пределах | | | | | | | |
| | Отожженное | | | | ø 5–89 s 1,0–9,0 | — | 470–680 | 15 | — | — | — | — |
| | Отожженное | | | | ø 110–273 s 1,5–10,0 | — | 470–680 | 15 | — | — | — | — |

Механические свойства при различных температурах

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | $\sigma_{пл}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | |
| [42] | ПС | | | — | – 70 | 450 | 550 | 360 | 22 | 38 | 70 | — | — |
| | | | | | 20 | 380 | 500 | 240 | 22 | 40 | 80 | — | — |
| | | | | | 150 | 353 | 440 | 205 | 23 | 43 | — | — | — |
| | | | | | 250 | 245 | 340 | 180 | 24 | 45 | — | — | — |

| ПТ-7М | | | | Характеристики трещиностойкости листов (s=1 мм) [42] | | | | Пределы длительной прочности и ползучести листов (s=1 мм) [42] | | |
|---|---------------|-------------|-----------------|--|---|-------------------------|---|--|---|--|
| Предел выносливости листов (s=1 мм), Н/мм ² [42] | | | | | | | | | | |
| t, °C | σ_{-1} | τ_{-1} | N | t, °C | σ_b^H/σ_b (K _t =2,6) | КСТ, Дж/см ² | N·10 ³ (МЦУ) ($\sigma_{max}=0,7\cdot\sigma_b$) (K _t =2,6) | t, °C | Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч | Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч |
| 20 | 255 | — | 10 ³ | 20 | 1,25 | 70 | 16 | 250 | 1·10 ² | 0,2/10 ² |
| | | | | | | | | 350 | 314 | 275 |
| | | | | | | | | 400 | 284 | 235 |
| | | | | | | | | | 226 | 177 |

Коррозионная стойкость [28]

| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
|-----------------------------|---|--------|-----------------|--|
| Общая | Сплав отличается высокой коррозионной стойкостью и коррозионно-механической прочностью в морской воде, пресной воде, паре высоких параметров, содержащем кислород и хлориды | 350 | 80000 | ≤ 0,05 мг/(м ² ·ч) |
| Точечная | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | | | |
| Межкристаллитная | | | | |
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Скорость коррозии |
| Общая | Вода, пар | 350 | 80000 | ≤ 0,05 мг/(м ² ·ч) |
| Щелевая и питтинговая | Вода высоких параметров, пар, слабокислый и слабощелочной водный раствор с массовой долей NaCl < 2% | — | — | Коррозия отсутствует |
| | Нейтральный и подкисленный раствор с массовой долей NaCl > 2% | > 130 | — | Возможна щелевая коррозия |
| | Нейтральный и подкисленный раствор с массовой долей NaCl > 3% | > 180 | — | Возможна питтинговая коррозия |
| Коррозионное растрескивание | Вода, пар | До 350 | — | Не чувствителен |
| | Нейтральный водный раствор с массовой долей NaCl 3% | 20 | — | Снижение коррозионно-механической прочности не превышает 10% |
| | Сплав не чувствителен к горячесолевному растрескиванию при отложении NaCl в зоне перегрева до 350°C даже при напряжениях равных пределу текучести | | | |
| Межкристаллитная | — | | | |

Технологические характеристики

| Ковка [42] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
|--|----------------------------------|---|--------------------|---|-----------------------------|
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | — | — | — | Степень деформации за один нагрев 40–70%. | После деформации на воздухе |
| Заготовка предварительно деформированная | 950–700 | | | | |
| Штамповка [42] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| На прессе | 890–650 | Степень деформации за один нагрев 40–70%. Охлаждение после деформации на воздухе | | | |
| На молоте | 950–700 | | | | |

Свариваемость [28]

Хорошо сваривается.
Способы сварки: все виды сварки в инертных газах.
Сплав мало чувствителен к изменению свойств в зоне термического влияния под действием термического цикла сварки в большом диапазоне скоростей охлаждения.
Для сварки применяют сварочную проволоку и присадочные прутки из сплавов марок 2В св. и ПТ-7М св.
Сварные соединения сплава равнопрочны основному металлу

Обработываемость резанием [28]

Сплав удовлетворительно обрабатывается резанием

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|-------------------|---|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|------------|-------------------------|-------------|-------|---|------------|
| Н-1 (Zr+1%Nb, Э 110, Э 110 о.ч.) | | Сортовой прокат — ТУ 001.205–82, ТУ 95.241–78. Листы — ТУ 95.252–74. Трубы — ТУ 95.240–74, ТУ 95.405–81, ТУ 95.535–78. Трубы бесшовные х/к — ТУ 001.392–2006. | | | | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | | | |
| Nb | Sn | Fe | Cr | O | C | Si | N | Cu | Zr | НД | | | | |
| 0,95–1,05 | 0,05 | 0,05 | ≤ 0,02 | 0,050–0,070 | 0,005–0,010 | 0,005–0,010 | 0,003–0,006 | — | Основа | ТУ 95.166–83 | | | | |
| 0,95–1,05 | 0,05 | 0,05 | ≤ 0,02 | ≤ 0,099 | ≤ 0,02 | 0,005–0,010 | ≤ 0,006 | ≤ 0,005 | Основа | ТУ 001.392–2006 | | | | |
| Присутствие кислорода существенно упрочняет циркониевый сплав, содержание его выбирается в зависимости от назначения сплава. | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Направление | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| ТУ 001.392–2006 | Трубы должны поставляться в рекристаллизованном состоянии | | | D _n =9,10; D _{вн} =7,93; δ=0,54 | 20 | — | — | — | — | — | продольное | | | |
| | | | | | 380 | 80 | — | — | — | | | | | |
| | | | | 20 | 210 | 270 | 24 | — | поперечное | | | | | |
| | | | | | 380 | 130 | 150 | 33 | | — | | | | |
| Значение коэффициента анизотропии $K_{ан} = \frac{\sigma_{0,2} \text{ поперечное направление}}{\sigma_{0,2} \text{ продольное направление}}$ при температуре 375–385°C должно быть не менее 1,4. | | | | | | | | | | | | | | |
| Коэффициент анизотропии определяют у каждой трубы из числа отобранных для механических испытаний (средний результат по 3 образцам для каждой трубы). | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| [41] | ПС | | | — | 20 | 196 | 343 | 35 | — | — | — | — | | |
| | | | | | 300 | 118 | 196 | 38 | — | — | — | — | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| [87] | ПС | | | — | 20 | 176–225 | 314–372 | 30–40 | — | — | — | — | | |
| | | | | | 350 | 98–137 | 176–216 | 33–43 | — | — | — | — | | |
| Назначение. Основной конструкционный материал для деталей активной зоны и тепловыделяющих сборок (ТВС) атомных реакторов ВВЭР, РБМК (оболочечные трубы, дистанционирующие решетки). | | | | | | | | | | | | | | |
| Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 360°C (ПНАЭГ–7–008–89). | | | | | | | | | | | | | | |
| Механические свойства промышленного сплава | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| [42] | Холоднодеформированное и отожженное состояния | | | — | 20 | 180 | 310 | 41 | — | — | — | — | | |
| | | | | | 300 | 140 | 220 | 42 | — | — | — | — | | |
| [378] | Трубы должны поставляться в рекристаллизованном состоянии | | | — | 20 | 200 | 350 | 30 | — | — | — | — | | |
| | | | | | | | | 200 | 160 | 260 | 31 | — | — | — |
| | | | | | | | | 300 | 120 | 200 | 33 | — | — | — |
| | | | | | | | | 400 | 90 | 180 | 38 | — | — | — |
| Механические свойства сплава в зависимости от температуры испытания | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| [28] | Отожженное состояние | | | — | 20 | 200 | 350 | 30 | — | — | — | — | | |
| | | | | | 200 | 160 | 260 | 31 | — | — | — | — | | |
| | | | | | 300 | 120 | 200 | 33 | — | — | — | — | | |
| | | | | | 400 | 90 | 180 | 38 | — | — | — | — | | |
| Механические свойства труб из сплава при испытании на растяжение | | | | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _B , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Направление | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | | | |
| [86] | ПС | | | Трубы ø 9,15 × × 7,7 | 20 | 240–260 | 400–420 | 46–49 | — | — | Продольное | | | |
| | | | | | | | | 350–380 | 100–115 | 190–220 | | 52–56 | — | — |
| | | | | | | | | 20 | 320–340 | 360–380 | 33–38 | — | — | Поперечное |
| | | | | | | | | 350–380 | 170–190 | 190–210 | 38–43 | — | — | |

| Н-1 (Zr+1%Nb, Э 110, Э 110 о.ч.) | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------------------|-------------|---------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-------------|
| Механические свойства труб из сплава с различным содержанием кислорода | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Направление |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [86] | Кислород — 0,05%. Отожженное состояние | | | Трубы | 20 | 240–270 | 400–430 | 45–50 | — | — | Осевое |
| | | | | | 350–380 | 90–100 | 200–230 | 45–50 | — | — | |
| | Кислород — 0,05%. Отожженное состояние | | | | 20 | 290–310 | 350–360 | 35–38 | — | — | Поперечное |
| | | | | | 350–380 | 130–160 | 160–180 | 25–33 | — | — | |
| | Кислород — 0,13%. Отожженное состояние | | | | 20 | 330–350 | 520–530 | 40–42 | — | — | Осевое |
| | | | | | 350–380 | 120–130 | 220–230 | 45–50 | — | — | |
| | Кислород — 0,16%. Отожженное состояние | | | | 20 | 420–430 | 580–590 | 39–41 | — | — | Осевое |
| | | | | | 350–380 | 150–160 | 250–260 | 45–48 | — | — | |
| | Кислород — 0,05–0,12%. Отожженное состояние | | | | 20 | 240–270 | 350–380 | 42–48 | — | — | Осевое |
| | | | 350–380 | 90–120 | 200–230 | 47–50 | — | — | | | |
| Кислород — 0,05–0,12%. Отожженное состояние | | | 20 | 290–310 | 350–360 | 35–38 | — | — | Поперечное | | |
| | | | 350–380 | 130–160 | 160–180 | 25–33 | — | — | | | |
| Кислород — 0,13–0,16%. Отожженное состояние | | | 20 | 430–440 | 570–580 | 38–41 | — | — | Осевое | | |
| | | | 350–380 | 120–160 | 220–260 | 45–48 | — | — | | | |
| Кислород — 0,13–0,16%. Отожженное состояние | | | 20 | 440–500 | 530–560 | 24–27 | — | — | Поперечное | | |
| | | | 350–380 | 210–220 | 230–240 | 30–31 | — | — | | | |

| Диаметральная ползучесть труб [86] | | | Окисление циркониевого сплава в различных средах [86] | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|--|---|--|---|--------------------------------|-------------------|---|------|----|------|---------|
| t, °C | σ , Н/мм ² | $\dot{\epsilon}$, %/ч | НД | Среда | t, °C | σ^1 , Н/мм ² | База испытаний, ч | Привес, мг/дм ² | | | | |
| 450 450 450 400 400 400 | 70 100 120 70 100 120 | $(1-3) \cdot 10^{-4}$ $(1-3) \cdot 10^{-4}$ $5 \cdot 10^{-4}$ $(2-3) \cdot 10^{-4}$ $(2-2,5) \cdot 10^{-3}$ $1 \cdot 10^{-2}$ | [23] | В автоклавах в неподвижной деаэрированной воде | 400 | 8,8 | 1000 | 12–14 | | | | |
| | | | | | 400 | 8,8 | 3000 | 17–22 | | | | |
| | | | | | 400 | 8,8 | 5000 | 19–24 | | | | |
| | | | | | | | | В потоке деаэрированной воды 5,5 м/с в лабораторной петле | 300 | 10 | 1500 | 13–17 |
| | | | | | | | | | 300 | 10 | 3800 | 14,5–20 |
| | | | | | | | | | 300 | 10 | 8800 | 29–33 |
| | | | | В петле реактора РФТ в потоке воды 4–5 м/с: в зоне без облучения | — | — | 4000 | 19,2 | | | | |
| | | | | | под облучением флюенсом $1,5 \cdot 10^{20}$ нейтр/см ² | — | — | 4000 | 11,3 | | | |

σ^1 — напряжение.

| Коррозионная стойкость [ТУ 001.392–2006, 41, 86] | | | | |
|--|--|-------|-----------------|----------------|
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости |
| Общая | Коррозионные испытания проводят по ОИ 001.297. | | | |
| Точечная | Обладает высокой коррозионной стойкостью (причем без скачкообразного ускорения коррозии при длительных выдержках) и мало наводораживается в перегретом паре и воде. Не было обнаружено заметных следов коррозии Zr после непрерывного действия морской воды в течение нескольких лет | | | |
| Коррозионное растрескивание | Определение содержания фтор-иона на поверхности труб проводят по ОИ 001.438. | | | |
| Межкристаллитная | Привес образцов после коррозионных испытаний в паре при температуре 390–410°C, давлении 17,6–21,6 Н/дм ² при испытании в течение 72–73 ч или 200–202 ч соответственно. Содержание фтор-иона на поверхности труб должно быть не более 0,3 мкг/см ² . | | | |
| | Коэффициент ориентации гидридов по всей толщине стенки, рассчитанный по протяженности гидридов, должен быть не более 0,40 на каждом образце. Коэффициент ориентации гидридов определяют по ОИ 001.425. | | | |

| Технологические характеристики | |
|---|--------------------------------------|
| Свариваемость [42] | Обрабатываемость резанием [41] |
| Хорошая свариваемость. Методы сварки и пайки: дуговая неплавящимся электродом, электронно-лучевая, диффузионная, контактно-стыковая, сопротивлением, сварка трением | Сплав хорошо обрабатывается резанием |

| | |
|---------------------------------------|---|
| Марка сплава | Вид поставки |
| Н-2,5 (Zr+2,5%Nb, Э 125) | Сортовой прокат — ТУ 001.205–82, ТУ 95.241–78. Листы — ТУ 95.252–74. Трубы — ТУ 95.240–74, ТУ 95.405–81, ТУ 95.535–78. |

Массовая доля элементов, %, по ТУ 95.166–83

| | | | | | | | | |
|-----------|------|------|-------|----------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| Nb | Sn | Fe | Cr | O ¹ | C | Si | N | Zr |
| 2,40–2,70 | 0,05 | 0,05 | ≤0,02 | 0,050–0,070 | 0,005–0,010 | 0,005–0,010 | 0,003–0,006 | Основа |

¹ Присутствие кислорода существенно упрочняет циркониевый сплав, содержание его выбирается в зависимости от назначения сплава.

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|----------------------|----------------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|-------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [41] | ПС | | | — | 20 | 397 | 421 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | | 300 | 245 | 267 | 30 | — | — | — | — |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [87] | Отжиг | 700, 30 мин | Воздух | — | 20 | 372–441 | 392–451 | 20–30 | — | — | — | — |
| | | | | | 300 | 216–274 | 245–294 | 24–35 | — | — | — | — |

Назначение. Основной конструкционный материал для деталей активной зоны и тепловыделяющих сборок (ТВС) атомных реакторов ВВЭР, РБМК (трубы давления, кожуховые трубы, каналные трубы).

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 360°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Механические свойства

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|----------------------|------------------|-------------------|-------------|---------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [42] | Отжиг | 750 | — | — | 20 | 280 | 450 | 22 | — | — | — | — |
| | | | | | 300 | 150 | 270 | 37 | — | — | — | — |
| | Закалка | 860 | — | — | 20 | 380 | 550 | 12,5 | — | — | — | — |
| | | | | | 300 | 330 | 435 | 14 | — | — | — | — |
| | Закалка + старение | 860 500, 24 ч | — | — | 20 | 510 | 600 | 13 | — | — | — | — |
| | | | | | 300 | 360 | 430 | 14,5 | — | — | — | — |
| [86] | Отжиг | — | — | 300 | 350 | 470 | 12 | — | — | — | — | |
| | Закалка + старение | 865 500 | — | 300 | 574–613 | 627–661 | 13 | — | — | — | — | |

Механические свойства сплава в зависимости от температуры испытания

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|----------------------|-------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [28] | Отожженное состояние | | | — | 20 | 280 | 450 | 25 | — | — | — | — |
| | | | | | 200 | 220 | 320 | 24 | — | — | — | — |
| | | | | | 300 | 200 | 300 | 23 | — | — | — | — |
| | | | | | 400 | 180 | 270 | 22 | — | — | — | — |

Типичные механические свойства сплава

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | HRC | HB |
|------|---|-------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|-----|----|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | | |
| [86] | Отожженный | | | — | 300 | — | 296 | 30 | — | — | — | — |
| | Нагартованный в холодном состоянии на 20% | | | | 300 | — | 407 | 12 | — | — | — | — |
| | Закалка | 850 | Вода | | 300 | — | 600 | 22 | — | — | — | — |
| | Закалка | 1000 | Вода | | 300 | — | 634 | 11 | — | — | — | — |

Типичные механические свойства труб

| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | KCU, Дж/см ² | Направление |
|------|---|-------|-------------------|-------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------|----------------|
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [86] | Выдавливание + 20% холодной деформации + 72 ч при 400°C | | | — | 300 | — | 537 | 13 | — | — | Тангенциальное |
| | Выдавливание + (5–15%) холодной деформации + закалка с 865°C + 10% холодной деформации + старение при 500°C | | | | 300 | 574 | 627 | — | — | — | Осевое |
| | | | | | 300 | 613 | 661 | — | — | — | Тангенциальное |

| Н-2,5 (Zr+2,5%Nb, Э 125) | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|-------------------|--|--|------------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|-----------------------|----|
| Механические свойства сплава после облучения | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Флюэенс, нейтр/см ² (E > 1 МэВ) | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | HRC | HB |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| [86] | Отожженный | | | Исходное состояние | 410 | 550 | 26 | — | — | — | — |
| | Отожженный | | | 3·10 ²⁰ | 750 | 850 | 8 | — | — | — | — |
| | Охлажденный на воздухе с 1000°C | | | 6·10 ¹⁹ | 700 | 720 | 8 | — | — | — | — |
| | Закалка в воду с 1000°C | | | 6·10 ¹⁹ | 970 | 1030 | 3 | — | — | — | — |
| Пределы ползучести | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | t, °C | Ползучесть, Н/мм ² , при остаточной деформации, %/ч | | | | | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | 42,2/10 ⁴ | 5,2/10 ⁵ | 5,1/10 ⁵ | | | | |
| [42] | Отжиг | 750 | | 400 | 200 | — | — | | | | |
| | Закалка | 860 | | 400 | — | 200 | — | | | | |
| | Закалка + старение | 860 500, 24 ч | | 400 | — | — | — | 200 | | | |
| Скорость ползучести сплава при облучении | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | σ ¹ , Н/мм ² | Плотность потока быстрых нейтронов, нейтр/см ² ·с (E > 1 МэВ) | Общее время испытания, ч | Скорость ползучести, 1/ч | | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | Конец испытаний | Внереакторные условия | |
| [86] | Закалка | 870 | Вода | Трубы | 260 | 141 | 5,3·10 ¹² | 6620 | 13·10 ⁻⁷ | 14·10 ⁻⁷ | |
| | Холодная деформация на 11% | | | | 300 | 141 | 5,3·10 ¹² | 6250 | 4·10 ⁻⁷ | 0,7·10 ⁻⁷ | |
| | Отжиг | 580, 24 ч | | | 350 | 141 | 5,3·10 ¹² | 5300 | 1,05·10 ⁻⁷ | 0,2·10 ⁻⁷ | |
| σ ¹ — напряжение. | | | | | | | | | | | |
| Коррозионная стойкость [41, 42, 86] | | | | | | | | | | | |
| Вид коррозии | | Среда | | | t, °C | Длительность, ч | | Балл стойкости | | | |
| Общая | | По коррозионной стойкости немного уступает сплаву Н-1 | | | | | | | | | |
| Точечная | | Имеет высокое сопротивление коррозионному растрескиванию под напряжением в HNO ₃ при концентрациях до 70% вплоть до температуры кипения | | | | | | | | | |
| Коррозионное растрескивание | | Коррозионная стойкость сплава после закалки катастрофически низка и необходим либо один отпуск – старение при 500–580°C, либо холодная обработка давлением на 15–30% деформации и последующий отпуск – старение | | | | | | | | | |
| Межкристаллитная | | | | | | | | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | | | | | | | |
| Ковка [86] | | | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | | из заготовок | | | | | | |
| | | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | | Условия охлаждения | | | | |
| Слиток | 960–810 | До 500 | | На воздухе | | — | | — | | | |
| | | Начальные деформации должны быть небольшими до тех пор, пока не будет разрушена литая структура. После этого деформации могут быть значительно большими, и ковка продолжается вплоть до температур 600–550°C | | | | | | | | | |
| Свариваемость [42] | | | | | Обрабатываемость резанием [41] | | | | | | |
| Хорошая свариваемость. Методы сварки и пайки: дуговая неплавящимся электродом, электронно-лучевая, диффузионная, контактно-стыковая, сопротивлением, сварка трением | | | | | Сплав хорошо обрабатывается резанием | | | | | | |

| Марка сплава | | Вид поставки | | | | | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------|------------|------------|--------------------|
| Э 635 | | Трубы бесшовные х/к — ТУ 001.365–97. | | | | | | | | | |
| Массовая доля элементов, %, по ТУ 95.166–83 | | | | | | | | | | | |
| Nb | Sn | Fe | O | N | C | Cu | Si | Zr | | | |
| 0,90–1,10 | 1,00–1,50 | 0,30–0,50 | 0,05–0,12 | 0,006 | 0,02 | 0,005 | 0,0015 | Основа | | | |
| Механические свойства | | | | | | | | | | | |
| НД | Режим термообработки | | | Сечение, мм | t, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в*}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | Состояние | |
| | Операция | t, °C | Охлаждающая среда | | | | | | | | |
| ТУ 001.365–97 | Трубы поставляются в термообработанном (частично рекристаллизованном) состоянии с травленными наружной и внутренней поверхностями (с диаметрами d_n и $d_{вн}$ соответственно) | | | d_n 12,60, $d_{вн}$ 10,90, δ 0,77 | 20 | 330 | 450 | 24 | — | Продольное | |
| | | | | | 350±5 | 150 | 270 | 21 | — | | |
| | | | | d_n 13,00, $d_{вн}$ 11,00, δ 0,92 | 20 | 360 | 420 | 15 | — | Поперечное | |
| | | | | | 350±5 | 220 | 250 | 12 | — | | |
| [378] | В рекристаллизованном состоянии | | | | 20 | 500 | 590 | 16 | — | — | |
| | | | | | 200 | 355 | 520 | 22 | — | | |
| | | | | | 300 | 230 | 320 | 21 | — | | |
| | | | | | 20 | 500 | 590 | 16 | — | | Исходное состояние |
| | | | | | 300 | 230 | 320 | 21 | — | | |
| | | | | | 20 | 660–770 | 780–850 | 2–7 | — | | |
| 300 | — | — | — | — | | | | | | | |
| [42] | Холоднодеформированные и отожженные | | | — | 20 | 353 | 520 | 20,5 | — | | |
| | | | | | 300 | 210 | 320 | 22 | — | | |
| Назначение. Основной конструкционный материал для деталей активной зоны и тепловыделяющих сборок (ТВС) атомных реакторов ВВЭР, РБМК (трубы давления, кожуховые трубы, центральные и каналные трубы), он также может использоваться в BWR и PWR. Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 360°C (ПНАЭГ–7–008–89). Сплав циркониевый высокорадиационностойкий. | | | | | | | | | | | |
| Пределы прочности и ползучести [64] | | | | | | | | | | | |
| В холоднодеформированном и отожженном состоянии имеет прочность, не уступающую сплаву Н–2,5 (Zr+2,5%Nb, Э 125) | | | | | | | | | | | |
| Высокое сопротивление ползучести в широком диапазоне флюенсов, плотностей потока нейтронов и температур облучения | | | | | | | | | | | |
| Вязкость разрушения и критическая длина трещины для каналных труб [378] | | | | | | | | | | | |
| Термообработка | | | K_{IC} , МПа·м ^{1/2} | | | $L_{кр}^*$, мм | | | | | |
| Горячее прессование + холодная деформация + отжиг 580°C | | | 66 | | | 32 | | | | | |
| * Определялась для условий 150°C, 10,7 Н/мм ² , консервативная оценка по корреляционным формулам. | | | | | | | | | | | |
| Окисление циркониевого сплава в различных средах | | | | | | | | | | | |
| НД | Среда | | | t, °C | σ^1 , Н/мм ² | База испытаний, ч | Привес, мг/дм ² | | | | |
| [64] | В автоклавах с деионизированной водой | | | 360 | 18,6 | 0 | 0 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 1200 | 20 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 2400 | 39 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 3600 | 56 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 4800 | 66 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 6000 | 78 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 7200 | 98 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 8400 | 105 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 9600 | 115 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 10800 | 129 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 12000 | 141 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 13200 | 156 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 14400 | 168 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 18000 | 207 | | | | |
| | В автоклавах с водой, содержащей 70 ppm лития | | | 360 | 18,6 | 0 | 0 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 1200 | 30 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 2400 | 77 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 3600 | 108 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 4800 | 120 | | | | |
| | | | | 360 | 18,6 | 7200 | 155 | | | | |
| | | | 360 | 18,6 | 10800 | 215 | | | | | |
| | | | 360 | 18,6 | 12000 | 231 | | | | | |
| | | | 360 | 18,6 | 14400 | 277 | | | | | |
| | | | 360 | 18,6 | 18000 | 369 | | | | | |

σ^1 — напряжение.

| Э 635 | | | | | |
|--|--|--|--------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Коррозионная стойкость [41, 42, 86] | | | | | |
| Вид коррозии | Среда | t, °C | Длительность, ч | Балл стойкости | |
| Общая | Обладает высокой коррозионной стойкостью в воде и кипящем теплоносителе различного состава. | | | | |
| Точечная | Коррозионные испытания проводят по ОИ 001.297. | | | | |
| Коррозионное растрескивание | Трубы должны быть коррозионно-стойкими. Привес образцов после коррозионных испытаний в паре при температуре $400 \pm 3^\circ\text{C}$, давлении $19,6 \pm 0,7 \text{ Н/мм}^2$ должен быть не более 22 мг/дм^2 при испытании в течение 72 ч или не более 38 мг/дм^2 — при испытании в течение 200 ч. | | | | |
| Межкристаллитная | Определение содержания фтор-иона на поверхности труб проводят по ОИ 001.438. | | | | |
| | Содержание фтор-иона на поверхности труб должно быть не более $0,3 \text{ мкг/см}^2$. | | | | |
| Технологические характеристики | | | | | |
| Влияние флюенса на деформацию ползучести оболоченных труб [64] | | | | | |
| <p>Существенным преимуществом данного сплава по сравнению со сплавом Н-1 (Zr+1%Nb, Э 110) является высокое сопротивление изделий ползучести и радиационному росту под действием температуры, нагрузок, в том числе переменных, и нейтронного поля, что гарантирует надежность изделий при длительной эксплуатации в реакторах.</p> <p>Сплав слабо подвержен радиационному росту.</p> | | | | | |
| Ковка [86] | | Охлаждение поковок, изготовленных | | | |
| Вид полуфабриката | Температурный интервал ковки, °C | из слитков | | из заготовок | |
| | | Размер сечения, мм | Условия охлаждения | Размер сечения, мм | Условия охлаждения |
| Слиток | 960–810 | До 500 | На воздухе | — | — |
| | | Начальные деформации должны быть небольшими до тех пор, пока не будет разрушена литая структура. После этого деформации могут быть значительно большими, и ковка продолжается вплоть до температур 600–550°C | | | |
| Свариваемость [42] | | | Обрабатываемость резанием [41] | | |
| <p>Хорошая свариваемость.</p> <p>Методы сварки и пайки: дуговая неплавящимся электродом, электронно-лучевая, диффузионная, контактно-стыковая, сопротивлением, сварка трением</p> | | | Сплав хорошо обрабатывается резанием | | |

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Таблица 1. Коэффициент линейного расширения α , $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ [1, 36, 42]

| Марка стали, сплава | Коэффициент линейного расширения α , $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$, при температуре, $^\circ\text{C}$ | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 20–100 | 20–200 | 20–300 | 20–400 | 20–500 | 20–600 | 20–700 | 20–800 | 20–900 | 20–1000 |
| 08 | 12,5 | 13,4 | 14,0 | 14,5 | 14,9 | 15,1 | 15,3 | 14,7 | 12,7 | 13,8 |
| 08кп | 12,5 | 13,4 | 14,0 | 14,5 | 14,9 | 15,1 | 15,3 | 14,7 | 12,7 | 13,8 |
| 10 | 11,6 | 12,6 | — | 13,0 | — | 14,6 | — | — | — | — |
| 10кп | 12,4 | 13,2 | 13,9 | 14,5 | 14,9 | 15,1 | 15,3 | 14,7 | 14,8 | 12,6 |
| 15 | 12,4 | 13,2 | 13,9 | 14,4 | 14,8 | 15,1 | 15,3 | 14,1 | 13,2 | 13,3 |
| 15кп | 12,4 | 13,2 | 13,9 | 14,5 | 14,8 | 15,1 | 15,3 | 14,1 | 13,2 | 13,3 |
| 20 | 11,1 | 12,1 | 12,7 | 13,4 | 13,9 | 14,5 | 14,8 | — | — | — |
| 20 [17] | 11,6 | 12,6 | 13,1 | 13,6 | 14,1 | 14,6 | 14,8 | 12,9 | — | — |
| 20кп | 12,3 | 13,1 | 13,8 | 14,3 | 14,8 | 15,1 | 15,2 | — | — | — |
| 25 | 12,2 | 13,0 | 13,7 | 14,4 | 14,7 | 15,0 | 15,2 | 12,7 | 12,4 | 13,4 |
| 30 | 12,1 | 12,9 | 13,6 | 14,2 | 14,7 | 15,0 | 15,2 | — | — | — |
| 35 | 11,1 | 11,9 | 13,0 | 13,4 | 14,0 | 14,4 | 15,0 | — | — | — |
| 40 | 11,9 | 12,8 | 13,5 | 14,1 | 14,6 | 14,9 | 15,2 | 12,5 | 13,5 | 14,5 |
| 45 | 11,9 | 12,7 | 13,4 | 13,7 | 14,3 | 14,9 | 15,2 | — | — | — |
| 50 | 11,2 | 12,0 | 12,9 | 13,3 | 13,7 | 13,9 | 14,5 | 13,4 | — | — |
| 55 | 11,0 | 11,8 | 12,6 | 13,4 | 14,0 | 14,5 | 14,8 | 12,5 | 13,5 | 14,4 |
| 60 | 11,0 | 11,9 | — | 13,5 | 14,6 | — | — | — | — | — |
| 15К | — | 12,0 | 12,8 | 13,6 | 13,8 | 14,0 | — | — | — | — |
| 20К | — | 12,0 | 12,8 | 13,6 | 13,8 | 14,2 | — | — | — | — |
| 22К | 12,6 | 12,9 | 13,3 | 13,9 | — | — | — | — | — | — |
| 22К [17] | 11,8 | 12,2 | 12,8 | 13,2 | 13,5 | 13,9 | 14,6 | 12,7 | 12,4 | 13,4 |
| A12 | 11,9 | 12,5 | — | 13,6 | 14,2 | — | — | — | — | — |
| 15Г | 12,3 | — | 13,2 | — | — | 14,9 | — | — | — | — |
| 20Г | 12,3 | 13,4 | 14,4 | 15,1 | — | 15,2 | — | — | — | — |
| 30Г | 12,6 | 13,9 | 14,6 | 15,0 | 15,5 | 15,6 | 14,8 | — | — | — |
| 40Г | 11,1 | 11,7 | 12,7 | — | 14,3 | — | — | — | — | — |
| 50Г | 11,8 | 12,5 | 13,2 | 13,8 | 14,3 | 14,8 | 15,1 | 12,3 | — | — |
| 16ГС | 11,1 | 12,1 | 12,9 | 13,5 | 13,9 | 14,1 | — | — | — | — |
| 10Г2 | 11,3 | — | — | 14,7 | — | — | — | — | — | — |
| 45Г2 | 11,3 | 11,9 | 12,7 | — | 14,7 | — | — | — | — | — |
| 09Г2С [4] | 11,4 | 12,2 | 12,6 | 13,2 | 13,8 | — | — | — | — | — |
| 09Г2С** | 11,9 | 12,5 | 13,1 | 13,6 | 14,0 | 14,4 | — | — | — | — |
| 20Х | 10,5 | 11,6 | 12,4 | 13,1 | 13,6 | 14,0 | — | — | — | — |
| 30Х | 12,4 | 13,0 | 13,4 | 13,8 | 14,2 | 14,6 | 14,8 | 12,0 | 12,8 | 13,8 |
| 35Х | 11,3 | 12,0 | 12,9 | 13,7 | 14,2 | 14,6 | — | — | — | — |
| 38ХА | 12,7 | 13,1 | 13,5 | 13,8 | 14,2 | 14,6 | — | — | — | — |
| 40Х | 11,8 | 12,2 | 13,2 | 13,7 | 14,1 | 14,6 | 14,8 | 12,0 | — | — |
| 45Х | 12,8 | 13,0 | 13,7 | — | — | — | — | — | — | — |
| 50Х | 12,8 | 13,0 | 13,7 | — | — | — | — | — | — | — |
| 05Г4ДМФ | 12,5 | 13,3 | 14,28 | 14,26 | 14,68 | 14,95 | 14,85 | — | — | — |
| 10ГН2МФА, 10ГН2МФА-ВД, 10ГН2МФА-Ш | 11,2 | 11,06 | 12,7 | 13,2 | — | — | — | — | — | — |
| 12МХ | 11,2 | 12,5 | 12,7 | 12,9 | 13,2 | 13,5 | 13,8 | — | — | — |
| 12ХМ | 11,2 | 12,5 | 12,7 | 12,9 | 13,2 | 13,5 | 13,8 | — | — | — |
| 15ХМ | 11,9 | 12,6 | 13,2 | 13,7 | 14,0 | 14,3 | — | — | — | — |
| 20ХМ | 11,9 | 12,6 | 13,2 | 13,7 | 14,0 | 14,3 | — | — | — | — |

Продолжение таблицы 1

| Марка стали, сплава | Коэффициент линейного расширения α , $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$, при температуре, $^\circ\text{C}$ | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--|--------|--------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------|--------|---------|
| | 20–100 | 20–200 | 20–300 | 20–400 | 20–500 | 20–600 | 20–700 | 20–800 | 20–900 | 20–1000 |
| 30XM, 30XMA | 12,3 | 12,5 | 12,9 | 13,9 | 14,4 | — | — | — | — | — |
| 35XM | 12,3 | 12,5 | 12,9 | 13,9 | 14,4 | — | — | — | — | — |
| 33XC | 12,0 | 12,8 | 13,4 | 13,7 | 14,3 | 14,7 | 15,0 | 12,4 | — | — |
| 38XC | 12,3 | 13,1 | 13,6 | 14,0 | 14,8 | 14,9 | 15,0 | 12,5 | — | — |
| 40XC | 11,7 | 12,7 | 13,4 | 14,0 | 14,4 | 14,8 | — | — | — | — |
| 15XF | 11,9 | 12,4 | 13,1 | 13,7 | 14,2 | 14,5 | 14,9 | — | — | — |
| 25XGCA | 12,2 | 13,0 | 13,6 | 14,0 | 14,2 | 14,4 | 14,5 | 12,3 | — | — |
| 30XGC, 30XGCA | 11,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 18XGT | 10,0 | 11,5 | 12,3 | 12,8 | 13,3 | 13,6 | — | — | — | — |
| 30XGT | 10,5 | 12,0 | 12,7 | 13,3 | 13,8 | 14,0 | — | — | — | — |
| 12X1MФ (ЭИ 575) | 10,8 | 11,8 | 12,4 | 12,8 | 13,2 | 13,7 | — | — | — | — |
| 13X1MФ (14X1ГМФ, ЦТ 1) | 9,5 | 10,7 | 11,8 | 12,5 | 13,1 | 13,4 | 13,6 | — | — | — |
| 15X1M1Ф | 11,2 | 11,7 | 12,5 | 13,0 | 13,5 | 13,7 | — | — | — | — |
| 25X1MФ (ЭИ 10) | 10,9 | 12,0 | 12,7 | 13,7 | 13,7 | 13,8 | 14,0 | — | — | — |
| 25X1M1Ф (P2, P2MA) | 10,9 | 12,0 | 12,7 | 13,65 | 13,72 | 13,82 | 14 | — | — | — |
| 20X1M1Ф1ТР (ЭП 182) | — | 12,0 | 12,3 | 12,9 | 13,0 | 13,5 | 13,6 | — | — | — |
| 20X1M1Ф1БР (ЭП 44) | — | — | — | — | — | 14,5 | — | — | — | — |
| 36HX | 1,6 | 2,8 | 6,6 | — | — | — | — | — | — | — |
| 40XH | 11,8 | 12,3 | 13,4 | 14,0 | 14,0 | — | — | — | — | — |
| 12XH2 | 10,5 | 11,5 | 11,9 | 12,4 | 12,9 | 13,6 | 13,9 | 11,7 | — | — |
| 40XH2MA (40XHMA) | 11,6 | 12,1 | 12,7 | 13,2 | 13,6 | 13,9 | — | — | — | — |
| 30XH2MФА (30XH2BФА) | 11,1 | 11,7 | 12,3 | 12,9 | 13,3 | 13,7 | — | — | — | — |
| 12XH3A | 11,8 | 13,0 | 14,0 | 14,7 | 15,3 | 15,6 | — | — | — | — |
| 20XH3A | 11,5 | 11,7 | 12,2 | 12,8 | 13,2 | 13,5 | — | — | — | — |
| 30XH3A | 10,8 | 11,5 | 12,2 | 12,8 | 13,2 | 13,5 | — | — | — | — |
| 34XH3M, 34XH3MA | 10,8 | 11,6 | 12,5 | 13,3 | 13,5 | 13,6 | — | — | — | — |
| 38XH3MФА | 11,8 | 12,1 | 12,6 | 13,0 | 13,4 | 13,7 | — | — | — | — |
| 10X2M (48TH-1) | 12,1 | 12,3 | 12,8 | 13,2 | 13,8 | 14,0 | — | — | — | — |
| 18X2MФА (48TC-3), 18X2MФА-A | — | — | 12,2 | — | — | — | — | — | — | — |
| 25X2M1Ф (ЭИ 723) | 12,5 | 12,9 | 13,3 | 13,7 | 14,0 | 14,7 | — | — | — | — |
| 12X2MФБ (ЭИ 531) | 10,2 | 11,3 | 12,2 | 12,6 | 13,2 | 13,4 | 13,7 | — | — | — |
| 12X2MФСР | 11,0 | 12,0 | 12,7 | 13,2 | 13,7 | 14,0 | 14,3 | — | — | — |
| 10X2M1ФБ (48TH-2), 10X2M1ФБ-BД | 10,2 | 11,3 | 12,2 | 12,6 | 13,2 | 13,4 | 13,7 | — | — | — |
| 38X2MЮA (38XMЮA) | 12,3 | 13,1 | 13,3 | 13,5 | 14,5 | — | — | — | — | — |
| 15X2HMФА | 10,5 | 11,2 | 11,9 | 12,6 | — | — | — | — | — | — |
| 15X2HMФА-A, 15X2HMФА класс 1 | 10,8 | 11,6 | 12,2 | 12,8 | — | — | — | — | — | — |
| 20X3MBФ (ЭИ 415, ЭИ 579), 20X3MBФА | 10,6 | 11,5 | 11,8 | 12,1 | 12,6 | 13,0 | — | — | — | — |
| 25X3MФА (48TC-4), 25X3MФА-A [2] | — | — | 12,2 | — | — | — | — | — | — | — |
| 15X5M (12X5MA, X5M) | 11,3 | 11,6 | 11,9 | 12,2 | 12,3 | 12,5 | 13,1 | — | — | — |
| 15X5M [25] | — | — | — | 12,3 (425 $^\circ\text{C}$) | 12,5 (485 $^\circ\text{C}$) | 12,8 (595 $^\circ\text{C}$) | 13,1 (705 $^\circ\text{C}$) | — | — | — |
| 65Г | 11,1 | 11,9 | 12,9 | 13,5 | 14,6 | — | — | — | — | — |
| 40XФА | 12,1 | 12,6 | 13,0 | 13,3 | 13,8 | 14,2 | 14,6 | 11,8 | — | — |
| 50XФА | 12,4 | 12,8 | 13,4 | 13,9 | 14,2 | 14,5 | 14,7 | — | — | — |
| 60C2, 60C2A | 12,0 | 12,8 | — | 13,5 | 13,4 | — | — | — | — | — |
| ШХ15 | 11,9 | 15,1 | 15,5 | 15,6 | 15,7 | — | — | — | — | — |
| ШХ15СГ | — | 13,4 | 13,6 | — | — | — | — | — | — | — |

Продолжение таблицы 1

| Марка стали, сплава | Коэффициент линейного расширения α , $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$, при температуре, $^\circ\text{C}$ | | | | | | | | | |
|--|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 20–100 | 20–200 | 20–300 | 20–400 | 20–500 | 20–600 | 20–700 | 20–800 | 20–900 | 20–1000 |
| 95X18 (9X18, ЭИ 229) | 11,7 | 12,1 | 12,4 | 12,9 | 13,3 | — | — | — | — | — |
| 10X9MФБ (ДИ 82) | 10,3 | 10,8 | 11,2 | 11,5 | 11,8 | 12,0 | — | — | — | — |
| 10X9B2MФБР-Ш | 12,0 | 12,3 | 12,3 | 12,4 | 12,4 | 12,4 | — | — | — | — |
| 10X9K3B2MФБР-Ш | 9,1 | 10,7 | 11,5 | 12,0 | 12,4 | 12,8 | — | — | — | — |
| 40X9C2 (4X9C2, ЭСХ 8) | 11,1 | 12,7 | — | 14,3 | — | 14,2 | — | 14,0 | — | — |
| 40X10C2M (4X10C2M, ЭИ 107) | 10,0 | 11,0 | 11,0 | 11,0 | — | — | — | 11,0 | — | — |
| 15X11MФ (1X11MФ) | — | 11,1 | — | 11,3 | 11,7 | 12,0 | 12,2 | 12,4 | — | — |
| 15X11MФБ (1X11MФБ) | 10,0 | 10,4 | 10,8 | 11,3 | 11,5 | 12,0 | 12,2 | 12,4 | — | — |
| 12X11B2MФ (типа ЭИ 756) | 10,6 | 11,3 | 12,6 | 12,9 | 13,1 | 13,6 | 14,0 | 14,1 | — | — |
| 18X11MНФБ (2X11MФБН, ЭП 291) | 10,3 | 10,6 | 10,8 | 11,3 | 11,7 | 12,0 | 12,4 | 12,8 | — | — |
| 13X11H2B2MФ-Ш (ЭИ 961-Ш) | 11,0 | 11,3 | 11,6 | 12,0 | 12,3 | 12,5 | — | — | — | — |
| 03X11H10M2T [30] | — | — | — | — | 11,6 | — | — | — | — | — |
| 10X11H20T3P (ЭП 696) | 15,9 | 17,4 | 18,8 | 19,9 | 20,3 | 21,1 | — | — | — | — |
| 10X11H23T3MP (10X12H22T3MP, ЭП 33, ЭИ 696M) | 15,3 | 15,9 | 16,5 | 16,9 | 17,3 | 17,7 | 18,2 | 19,9 | — | — |
| 18X12BMФБР-Ш (ЭИ 993-Ш) | 11,2 | 11,3 | 11,4 | 11,8 | 12,0 | 12,1 | 12,2 | 12,6 | 11,6 | — |
| 20X12BHMФ (ЭП 428) | 10,0 | 10,5 | 10,7 | 11,0 | 11,2 | 11,6 | 11,9 | 12,5 | — | — |
| 06X12H3Д | 10,8 | 10,8 | 10,9 | 11,0 | — | — | — | — | — | — |
| 10X12H3M2ФА (Ш), 10X12H3M2ФА-А (Ш) | 10,7 | 11,1 | 11,3 | 11,7 | 12,0 | 12,1 | — | — | — | — |
| 08X13 (0X13, ЭИ 496) | 10,5 | 11,1 | 11,4 | 11,8 | 12,1 | 12,3 | 12,5 | 12,8 | — | — |
| 12X13 (1X13) | 10,2 | 11,2 | 11,4 | 11,8 | 12,2 | 12,4 | 12,7 | 13,0 | 10,8 | — |
| 20X13 (2X13) | 10,2 | 11,2 | 11,5 | 11,9 | 12,2 | 12,8 | 12,8 | 13,0 | — | — |
| 30X13 (3X13) | 10,2 | 10,9 | 11,1 | 11,7 | 12,0 | 12,3 | 12,5 | 12,6 | 10,6 | — |
| 40X13 (4X13) | 10,7 | 11,5 | 11,9 | 12,2 | 12,5 | 12,8 | 13,0 | 13,2 | — | — |
| 12X13Г12АС2Н2 (ДИ 50) | 15,7 | 17,4 | 18,8 | 20,0 | 21,0 | 21,8 | 22,7 | — | — | — |
| 10X13Г12С2Н2Д2Б (ДИ 59) | 16,2 | 17,2 | 18,0 | 18,7 | 19,2 | 18,2 | 18,2 | 17,5 | — | — |
| 25X13H2 (2X14H2, ЭИ 474) | 11,6 | 12,0 | 12,4 | 12,8 | — | — | — | — | — | — |
| 08X14MФ | 10,1 | 10,9 | 11,5 | 11,9 | 12,3 | 12,5 | — | — | — | — |
| 10X14Г14Н4Т (X14Г14Н3Т, ЭИ 711) | 16,0 | 16,7 | 17,5 | 18,4 | 19,0 | 19,5 | 20,1 | 20,6 | 21,0 | — |
| 04X14H5MГТЮ | 10,6 | 11,7 | 12,0 | 12,5 | 13,2 | 13,5 | 11,8 | — | — | — |
| 05X14H5ДМ | 11,8 | 12,4 | 13,6 | 14,3 | 14,8 | — | — | — | — | — |
| 1X14H14B2M (ЭИ 257) | 15,6 | 15,7 | 17,3 | 17,3 | 17,3 | 18,2 | 18,4 | — | — | — |
| 45X14H14B2M (ЭИ 69) | — | — | 17,0 | — | 18,0 | — | 18,0 | — | 19,0 | — |
| 45X14H14B2M (ЭИ 69) [4] | 10,0 | 17,0 | — | 18,0 | — | 18,0 | — | 19,0 | — | — |
| 09X14H16Б (ЭИ 694) | — | 15,2 | 16,5 | 17,1 | 17,55 | 17,96 | 18,41 | 18,91 | 20,6 | — |
| 09X14H19B2BP (ЭИ 695P) [5] | 15,9 | 16,5 | 17,2 | 16,6 | 18,0 | 18,3 | 18,6 | 18,7 | 19,0 | — |
| 09X14H19B2BP1 (ЭИ 726) | 15,2 | 16,3 | 16,9 | 17,5 | 17,8 | 18,1 | 18,6 | 18,6 | 18,9 | — |
| 06X15H6MБФ | 11,8 | 12,2 | 12,61 | 13,15 | 15,3 | — | — | — | — | — |
| 08X15H24B4TP (ЭП 164) [5] | 14,5 | 15,5 | 16,3 | 16,8 | 17,2 | 17,4 | 17,8 | 17,9 | 18,1 | — |
| 07X16H6 (X16H6, ЭП 288) | 11,3 | 11,7 | 12,1 | 12,5 | 12,9 | — | — | — | — | — |
| 03X16H9M2 | 15,4 | 16,8 | 17,5 | 18,2 | 18,6 | 18,8 | 19,1 | — | — | — |
| 08X16H9M2 (X16H9M2) | 17,1 | 17,6 | 18,1 | 18,4 | 19,0 | 19,3 | 19,6 | 19,8 | — | — |
| 08X16H13M2Б (ЭИ 405, ЭИ 680) | — | — | — | 17,1 | 17,4 | 17,8 | 18,2 | 18,6 | — | — |
| 10X16H14B2BP (1X16H14B2BP, ЭП 17) | 15,8 | 16,8 | 18,4 | 19,0 | 19,3 | 20,0 | 20,2 | 20,5 | 21,5 | 21,8 |
| 08X17T (0X17T, ЭИ 645) | 10,0 | 10,0 | 10,5 | 10,5 | 11,0 | — | — | — | — | — |
| 12X17 (X17, ЭЖ 17) | 10,4 | 10,5 | 10,8 | 11,2 | 11,4 | 11,6 | 11,9 | 12,1 | — | — |
| 09X17H [2] | 9,2 | 9,4 | 9,6 | 10,2 | 10,6 | 10,6 | — | — | — | — |

Продолжение таблицы 1

| Марка стали, сплава | Коэффициент линейного расширения α , $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$, при температуре, $^\circ\text{C}$ | | | | | | | | | |
|--|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 20–100 | 20–200 | 20–300 | 20–400 | 20–500 | 20–600 | 20–700 | 20–800 | 20–900 | 20–1000 |
| 14X17H2 (1X17H2, ЭИ 268) | 9,8 | 10,6 | 11,8 | 11,0 | 11,1 | 11,3 | 11,0 | 10,7 | 11,4 | — |
| 02X17H11M2 | 16,5 | — | — | 18,0 | — | 18,0 | — | 19,0 | — | — |
| 08X17H13M2T (0X17H13M2T) | 15,7 | 16,1 | 16,7 | 17,2 | 17,6 | 17,9 | 18,2 | — | — | — |
| 10X17H13M2T (X17H13M2T, ЭИ 448) | 15,7 | 16,1 | 16,7 | 17,2 | 17,6 | 17,9 | 18,2 | — | — | — |
| 10X17H13M3T (X17H13M3T, ЭИ 432) | 16,5 | 17,5 | 18,0 | 18,5 | 19,0 | — | — | — | — | — |
| 03X17H14M3 (000X17H13M2) | — | 16,1 | 14,4 | — | — | — | — | — | — | — |
| 08X17H15M3T (ЭИ 580) | 16,5 | 17,5 | 18,0 | 18,5 | 19,0 | — | — | — | — | — |
| 015X18M2Б-ВИ (ЭП 882-ВИ) | 9,9 | 10,3 | 10,8 | 11,0 | 11,3 | 11,4 | 11,3 | 11,6 | 11,7 | — |
| 12X18H9 (X18H9) | 16,5 | 17,2 | 17,7 | 18,1 | 18,3 | 18,6 | 18,9 | 19,3 | 19,7 | — |
| 12X18H9T (X18H9T) | 16,6 | 17,0 | 17,6 | 18,0 | 18,3 | 18,6 | 18,9 | 19,3 | 19,5 | — |
| 17X18H9 (2X18H9) | 16,0 | 17,0 | 17,5 | 17,9 | 18,5 | 18,6 | 18,9 | 19,1 | 19,3 | — |
| 08X18H10 (0X18H10) | 16,0 | 17,0 | 17,0 | 18,0 | 18,0 | — | — | — | — | — |
| 08X18H10T (0X18H10T, ЭИ 914) | 16,1 | — | 17,4 | — | 18,2 | — | 19,1 | — | — | — |
| 08X18H10T (0X18H10T, ЭИ 914)** | 16,6 | 17,0 | 17,4 | 17,8 | 18,2 | 18,5 | — | — | — | — |
| 12X18H10T | 16,6 | 17,0 | 17,2 | 17,5 | 17,9 | 18,2 | 18,6 | 18,9 | 19,3 | — |
| 12X18H12T (X18H12T) | 16,6 | 17,0 | 17,2 | 17,5 | 17,9 | 18,2 | 18,6 | 18,9 | 19,3 | — |
| 10X18H18Ю4Д (ЭП 841) | 15,5 | 16,5 | 17,0 | 17,4 | 17,7 | 18,2 | 18,4 | 18,8 | 18,6 | — |
| X18H22B2T2 (48АН-1) [2] | 15,3 | 16,0 | 17,0 | 17,1 | 17,2 | 17,5 | — | — | — | — |
| 36X18H25C2 (4X18H25C2, ЭЯ 3С) | 13,0 | 13,9 | 14,7 | — | — | 16,1 | — | — | — | — |
| 01X19Ю3БЧ-ВИ (02X18Ю3Б-ВИ, ЭП 904-ВИ) | 10,8 | 11,0 | 11,5 | 11,8 | 12,1 | 12,5 | 12,7 | 13,0 | 13,2 | — |
| 31X19H9MBT (ЭИ 572) | 16,6 | 16,9 | 17,2 | 17,5 | 17,8 | 18,2 | 18,5 | 18,9 | 19,3 | 19,7 |
| 20X20H14C2 (X20H14C2, ЭИ 211) | 16,0 | — | — | — | — | 18,1 | 18,3 | 18,5 | 18,8 | — |
| 08X21H6M2T (0X21H6M2T, ЭП 54) | 9,5 | 13,8 | 16,0 | 16,0 | 16,3 | 16,7 | 17,1 | 17,1 | 17,4 | — |
| 02X22H5AM3 | 13,0 | 13,5 | 14,0 | 14,5 | — | — | — | — | — | — |
| 08X22H6T (0X22H5T, ЭП 53) | 9,6 | 13,8 | 16,0 | 16,0 | 16,4 | 16,2 | 16,5 | 16,7 | 17,1 | — |
| X23Ю5T | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 15,0 |
| 20X23H13 (X23H13, ЭИ 319) | 14,9 | 15,7 | 16,6 | 17,1 | 17,5 | 17,8 | 18,2 | — | — | — |
| 20X23H18 (X23H18, ЭИ 417) | 14,9 | 15,7 | 16,6 | 17,3 | 17,5 | 17,9 | 17,9 | — | — | — |
| 03X24H6AM3 (ЗИ 130) | 14,6 | 15,3 | 16,0 | 16,5 | 16,9 | 17,3 | 17,9 | 18,2 | 18,5 | 18,9 |
| 15X25T (X25T, ЭИ 439) | 10,1 | 10,7 | 11,0 | 11,2 | 11,3 | — | — | — | — | — |
| 12X25H16Г7АР (ЭИ 835) | 16,6 | 16,2 | 16,8 | 17,4 | 18,0 | 18,3 | 18,5 | 18,7 | 18,9 | — |
| 20X25H20C2 (X25H20C2, ЭИ 283) | 16,1 | — | — | — | — | 17,8 | 17,8 | 18,1 | 18,5 | — |
| 03H18K9M5T | — | — | — | — | 11,2 | — | — | — | — | — |
| У8, У8А | 11,4 | 12,2 | 13,0 | 13,7 | 14,3 | 14,8 | 15,2 | 14,5 | 15,2 | 15,7 |
| У9, У9А | 11,0 | 11,6 | 12,4 | 13,2 | — | — | — | — | — | — |
| У10, У10А | 11,5 | 11,9 | 12,5 | 13,0 | 13,4 | 13,9 | 14,3 | 14,9 | 15,4 | 13,3 |
| У12, У12А | 10,5 | 11,8 | 12,6 | 13,4 | 14,1 | 14,8 | 15,3 | 15,0 | 16,3 | 16,8 |
| 5ХНМ | 12,6 | 14,1 | 14,2 | 15,0 | — | 14,2 | — | — | — | — |
| 3Х3М3Ф | 10,8 | 10,8 | 11,4 | 12,1 | 13,0 | 13,9 | 14,8 | 14,8 | 15,2 | — |
| 7Х3 | 10,0 | 14,0 | 15,2 | 15,2 | — | — | — | — | — | — |
| 4Х5МФ1С (ЭП 572) | 12,6 | 13,1 | 13,7 | 14,0 | 14,3 | 14,6 | 14,7 | 14,6 | 14,1 | — |
| Р6М5 | 9,7 | 10,7 | 10,8 | 11,6 | 13,0 | 13,5 | 13,3 | 13,5 | — | — |
| Р18 | 10,6 | 10,8 | 11,3 | 11,0 | 12,6 | 12,8 | 13,2 | 12,7 | — | — |
| 15Л | 11,9 | 12,5 | — | 13,6 | — | 14,2 | — | — | — | — |
| 20Л | 11,1 | 12,1 | — | 13,4 | 14,4 | — | — | — | — | — |
| 25Л | 11,5 | 12,9 | 13,1 | 13,2 | 13,5 | — | — | — | — | — |

Продолжение таблицы 1

| Марка стали, сплава | Коэффициент линейного расширения α , $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$, при температуре, $^\circ\text{C}$ | | | | | | | | | |
|---|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 20–100 | 20–200 | 20–300 | 20–400 | 20–500 | 20–600 | 20–700 | 20–800 | 20–900 | 20–1000 |
| 30Л | 12,6 | 13,9 | — | 15,0 | 15,6 | — | — | — | — | — |
| 35Л | 11,1 | 11,9 | — | 13,4 | 14,4 | — | — | — | — | — |
| 40Л | 12,4 | 12,6 | — | 14,5 | — | 14,6 | — | — | — | — |
| 45Л | 11,6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 50Л | 12,0 | 12,4 | — | 13,3 | — | 14,1 | — | — | — | — |
| 20ГСЛ | 11,6 | 12,6 | 13,4 | 13,6 | 14,2 | 14,5 | 14,5 | — | — | — |
| 110Г13Л | 18,0 | 19,4 | — | 21,7 | — | — | — | — | — | — |
| 08ГДНФЛ | 10,3 | 11,3 | 12,0 | 13,0 | 13,6 | 14,1 | 14,4 | 12,5 | 13,0 | — |
| 32Х06Л | 12,4 | 12,8 | 13,2 | 13,6 | 14,0 | 14,4 | 14,7 | 12,0 | 12,7 | — |
| 40ХЛ | 12,2 | 12,7 | 13,1 | 13,4 | 13,8 | 14,2 | 14,6 | 11,8 | 12,6 | — |
| 20ХМЛ | 10,9 | 12,4 | 12,8 | 13,1 | 13,6 | 13,9 | — | — | — | — |
| 20ХМФЛ | 10,0 | 11,9 | 12,9 | 13,1 | 13,5 | 13,8 | 14,1 | — | — | — |
| 35ХМЛ | 12,2 | 12,6 | 13,4 | 14,3 | 14,5 | 14,6 | 14,7 | 12,2 | 12,7 | — |
| 15Х1М1ФЛ | 12,4 | 12,8 | 13,3 | 13,7 | 14,0 | 14,1 | — | — | — | — |
| 35ХГСЛ | 11,8 | 12,3 | 12,8 | 13,3 | 13,8 | 14,1 | 14,4 | 12,6 | 13,3 | — |
| 10Х12НДЛ | 10,8 | 11,3 | 11,6 | 12,4 | 12,5 | — | — | — | — | — |
| 06Х12Н3ДЛ | 10,3 | 10,7 | 11,0 | 11,3 | 11,7 | — | — | — | — | — |
| 20Х13Л [4] | 10,0 | 10,8 | 11,3 | 11,7 | 12,1 | 12,4 | 12,6 | 12,8 | 10,8 | — |
| 10Х13Н3М1Л | 9,8 | 10,8 | 11,0 | 11,4 | 12,0 | 12,1 | 12,1 | — | — | — |
| 15Х14НЛ | 10,8 | 10,9 | 11,3 | 12,1 | 12,3 | — | — | — | — | — |
| 06Х14Н5ДМФЛ | 11,8 | 12,4 | 13,6 | 14,3 | 14,8 | — | — | — | — | — |
| 10Х18Н3Г3Д2Л | 14,3 | 14,7 | 15,5 | 16,0 | 16,4 | — | — | — | — | — |
| 10Х18Н9Л | 14,8 | 15,9 | 16,9 | 17,1 | 17,6 | — | — | — | — | — |
| 10Х18Н9ТЛ | 14,8 | 15,9 | 16,9 | 17,1 | 17,6 | — | — | — | — | — |
| 12Х18Н9ТЛ [4] | 16,8 | 17,0 | 17,4 | 17,7 | 18,1 | 18,5 | 18,9 | 19,1 | 19,1 | — |
| 12Х18Н9ТЛ* | 16,6 | 17,0 | 17,6 | 18,0 | 18,3 | 18,6 | 18,9 | 19,3 | 19,5 | — |
| 12Х18Н12М3ТЛ* | 16,6 | 17,0 | 17,2 | 17,5 | 17,9 | 18,2 | 18,6 | 18,9 | 19,3 | — |
| 40Х24Н12СЛ (ЭИ 316Л) | 18,4 | — | — | — | — | — | — | — | 20,6 | — |
| 06ХН28МДТ (0Х23Н28М3Д3Т, ЭИ 943) | 10,9 | 12,9 | 13,6 | 14,4 | 14,9 | 15,3 | 16,8 | 16,3 | 16,8 | — |
| ХН32Т (ЭП 670) | 13,7 | 15,6 | 17,2 | 18,0 | 18,0 | 18,4 | 18,9 | 19,0 | 19,0 | — |
| ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ–ВД | 14,8 | 15,1 | 15,5 | 15,9 | 16,1 | 16,6 | 16,9 | — | — | — |
| ХН35ВТЮ (ЭИ 787) [4] | 12,7 | 14,1 | 15,0 | 15,4 | 15,8 | 16,0 | 16,6 | 16,8 | 18,4 | — |
| ХН45Ю (ЭП 747) | 15,8 | 15,9 | 16,0 | 16,6 | — | 16,6 | 17,7 | 19,0 | 19,7 | 19,8 |
| 06ХН46Б (Х20Н46Б, ЭП 350) | 15,2 | 16,1 | 16,8 | 17,6 | — | — | — | — | — | — |
| 05ХН46МВБЧ (ДИ 65) | 13,4 | 14,0 | 14,7 | 15,2 | 15,7 | 16,0 | 16,4 | 16,7 | 16,9 | — |
| ХН59ВГ–ИД (ЭК 82–ИД) | 12,3 | 12,6 | 13,0 | 13,4 | 13,7 | 14,0 | 14,3 | 14,8 | 15,3 | — |
| ХН60Ю (ЭИ 559А) | 12,3 | 13,1 | 13,4 | 14,2 | 14,2 | 14,6 | 15,1 | 15,2 | 15,9 | — |
| ХН62МБВЮ (ЭП 709) | 12,0 | 12,8 | 13,3 | 13,5 | 13,8 | 14,5 | 14,8 | 15,5 | 16,4 | 17,3 |
| ХН62МВКЮ (ЭИ 867) | 11,5 | 12,6 | 13,0 | 13,4 | 13,7 | 14,0 | 14,3 | 14,8 | 15,6 | — |
| ХН62МВКЮ (ЭИ 867), ХН62МВКЮ–ВД (ЭИ 867–ВД) | 11,6 | 11,9 | 12,2 | 12,6 | 12,8 | 13,1 | 13,5 | 14,3 | 15,6 | — |
| ХН65ВМТЮ (ЭИ 893) | 11,3 | — | — | — | — | — | 14,4 | — | — | — |
| ХН67МВТЮ (ЭП 202, ЭИ 445Р) | 12,0 | 12,3 | 13,5 | 13,6 | 13,6 | 14,4 | 14,8 | 15,2 | 16,2 | — |
| ХН70Ю (ЭИ 652) | 13,1 | 13,9 | 14,8 | 15,7 | 16,4 | 17,8 | 22,4 | 24,5 | 21,3 | 21,2 |
| ХН70БДТ (ЭК 59) | 12,9 | 13,3 | 13,7 | 14,1 | — | — | — | — | — | — |
| ХН70ВМЮТ (ЭИ 765) | 12,2 | 12,6 | 13,2 | — | — | — | — | — | — | — |
| ХН70ВМТЮ (ЭИ 617) | 12,0 | 12,6 | 13,2 | 13,6 | 14,1 | 14,6 | 15,1 | 15,8 | — | — |
| ХН70ВМТЮФ (ЭИ 826), ХН70ВМТЮФ–ВД (ЭИ 826–ВД) | 10,4 | 11,7 | 12,7 | 12,9 | 13,2 | 13,6 | 14,0 | 14,5 | 15,0 | — |
| ХН73МБТЮ (ЭИ 698) | 12,3 | 13,2 | 14,2 | 15,0 | 16,3 | 17,3 | 18,8 | 21,6 | — | — |

Продолжение таблицы 1

| Марка стали, сплава | Коэффициент линейного расширения α , $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$, при температуре, $^\circ\text{C}$ | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 20-100 | 20-200 | 20-300 | 20-400 | 20-500 | 20-600 | 20-700 | 20-800 | 20-900 | 20-1000 |
| ХН75ВМЮ (ЭИ 827) | 10,2 | 11,3 | 12,0 | 12,2 | 12,4 | 12,6 | 13,1 | 13,2 | 15,1 | — |
| ХН77ТЮР (ЭИ 437Б) | 12,7 | 13,1 | 13,4 | 13,8 | 14,2 | 14,5 | 15,0 | 15,6 | 16,3 | 16,8 |
| ХН77ТЮР (ЭИ 437Б) | — | 13,1 | 13,4 | 13,8 | 14,2 | 14,5 | 15,0 | 15,6 | 16,3 | 16,8 |
| ХН78Т (ЭИ 435) | 12,3 | 13,1 | 13,4 | 13,2 | 14,2 | 14,6 | 15,1 | 15,2 | 15,9 | — |
| ХН80ТБЮ (ЭИ 607) | — | — | 13,1 | 14,0 | 14,4 | 14,9 | 15,6 | 16,4 | — | — |
| ХН80ТБЮА (ЭИ 607А) | — | — | 13,1 | 14,0 | 14,4 | 14,9 | 15,6 | 15,4 | — | — |
| Х15Н60-Н | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 17,0 |
| Х20Н80-Н | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 18,0 |
| Н70МФВ-ВИ (ЭП 814А-ВИ) | 8,0 | 9,5 | 9,5 | 10,0 | 10,4 | 10,2 | 10,2 | 11,2 | 12,0 | — |
| ХН58ВКМТЮБЛ (ЦНК 8МП) | — | 12,2 | — | 13,1 | — | 13,8 | — | 14,8 | 16,6 | — |
| ХН60КВМЮТЛ (ЦНК 7П) | 11,7 | 12,3 | 12,7 | 13,1 | 13,4 | 13,8 | 14,1 | 14,6 | 16,4 | — |
| ХН60КВМЮТБЛ (ЦНК 21П) | — | 11,2 | 11,9 | 12,0 | 12,7 | 12,9 | 13,0 | 14,3 | — | — |
| ХН64ВМКЮТЛ (ЗМИ 3) | 12,4 | 12,6 | 12,9 | 13,2 | 13,5 | 13,9 | 14,4 | 15,2 | — | — |
| ХН65ВМТЮЛ (ЭИ 893Л) | 11,5 | 11,8 | 12,3 | 12,7 | 13,0 | 13,3 | 14,0 | 14,6 | — | — |
| ХН65КМВЮТЛ (ЖС 6К) | 11,8 | 12,0 | 12,4 | 12,8 | 13,1 | 13,3 | 13,7 | 14,2 | — | — |
| ХН65ВКМБЮТЛ (ЭИ 539ЛМУ) | 12,4 | 12,6 | 12,7 | 13,0 | 13,3 | 13,7 | 14,2 | 14,9 | 17,2 | — |
| АД, АД00, АД0, АД1 | 24,3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| АМг2 | 24,2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| АМг3 | 23,5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| АМг6 | 24,7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ЛОМш70-1-0,05 | 19,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Л63 | 20,5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Л68 | 19,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ЛС59-1 | 20,5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ЛЖМц59-1-1 | 22,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ЛАМш77-2-0,05 | 19,2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрА10ЖЗМц2 (БрАЖМц 10-3-1,5) | 16,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрБ2 | 16,6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрО5Ц5С5 (БрОЦС5-5-5) | 17,7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрО10Ф1 (БрОФ10-1) | 17,0 | — | — | 22,0 | — | — | — | — | — | — |
| Б83 | 22 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ВТ1-0 | 8,0 | 8,6 | 8,8 | 9,1 | 9,3 | 9,5 | 9,6 | — | — | — |
| ВТ1-00 | 8,2 | 8,6 | 8,8 | 9,1 | 9,3 | 9,5 | 9,6 | — | — | — |
| ВТ1-1 | 8,3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ВТ5-1 | 8,5 | 8,9 | 9,1 | 9,3 | 9,5 | 9,6 | 9,7 | 10,1 | 10,5 | — |
| ВТ9 | 8,3 | 8,8 | 9,0 | 9,2 | 9,5 | 9,6 | — | — | — | — |
| ОТ4-0 | 8,0 | 8,2 | 8,5 | 8,7 | 8,9 | 9,1 | 9,3 | — | — | — |
| ОТ4-1 | 8,0 | 8,3 | 8,5 | 8,8 | — | — | — | — | — | — |
| ПТ-3В | 8,0 | 8,3 | 8,5 | — | — | — | — | — | — | — |
| ПТ-7М | 8,2 | 8,5 | 8,5 | — | — | — | — | — | — | — |
| Н-1 (Zr+1%Nb, Э 110, Э 110 о.ч.) | 5,8 | 6,0 | 6,2 | 6,3 | 6,4 | 6,6 | 6,8 | 7,0 | 7,2 | — |
| [84] | | | | | | | | | | |

* Приведены данные для сталей 12Х18Н9Т и 12Х18Н12М3Т.

** ПНАЭГ-7-002-86.

Таблица 2. Теплопроводность λ , Вт / (м · °С) [1, 36, 42]

| Марка стали, сплава | Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при температуре, °С | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| СтЗсп | — | 55 | 54 | 50 | 45 | 39 | 34 | 30 | — | — | — |
| 08 | — | 81 | 69 | — | 51 | 45 | — | — | — | — | — |
| 08кп | 63 | 60 | 56 | 51 | 47 | 41 | 37 | 34 | 30 | 27 | — |
| 10 | — | 57 | 53 | 45 | 38 | — | — | — | — | — | — |
| 10кп | — | 58 | 54 | 49 | 45 | 40 | 36 | 32 | 29 | 27 | — |
| 15 | — | 56 | 53 | — | 45 | — | — | — | — | — | — |
| 15кп | — | 53 | 53 | 49 | 46 | 43 | 39 | 36 | 32 | 30 | — |
| 20 | 51,7 | 51 | 49 | 46 | 42 | — | — | — | — | — | — |
| 20кп | — | 51 | 49 | 44 | 43 | 39 | 36 | 32 | 26 | 26 | — |
| 25 | 52 | 51 | 49 | 46 | 43 | 40 | 36 | 32 | 26 | 27 | — |
| 30 | 51 | — | 49 | — | 42 | 36 | — | — | — | — | — |
| 35 | — | 51 | 49 | — | 42 | — | — | — | — | — | — |
| 40 | — | 49 | 49 | 47 | 44 | 41 | 38 | 35 | 29 | 20 | — |
| 45 | — | 48 | 47 | 44 | 41 | 39 | 36 | 31 | 27 | 26 | — |
| 50 | 48 | 48 | 47 | 44 | 41 | 38 | 35 | 31 | 27 | — | — |
| 55 | 68 | 55 | — | 36 | 32 | — | — | — | — | — | — |
| 60 | — | 67 | 53 | — | 36 | — | — | — | — | — | — |
| 15К | — | 57 | 53 | —45 | — | — | — | — | — | — | — |
| 20К | — | 51 | 49 | 46 | 42 | 39 | 36 | — | — | — | — |
| 22К | — | 50 | 48 | 46 | 44 | 41 | — | — | — | — | — |
| A12 | — | 77 | 67 | — | 47 | — | — | — | — | — | — |
| 20Г | — | 78 | 67 | 48 | — | — | — | — | — | — | — |
| 30Г | — | 75 | 64 | 52 | 44 | — | — | — | — | — | — |
| 40Г | — | 59 | 53 | — | 47 | 24 | — | — | — | — | — |
| 50Г | 43 | 42 | 41 | 38 | 36 | 34 | 31 | 29 | 28 | — | — |
| 17Г1СУ | — | 42,2 (150°С) | 41,1 | 39,4 | 37,6 | 36,9 | 35,7 | 33,7 | 34,9 | 31,7 | 31,4 |
| 10Г2 | — | — | 38 | 37 | 36 | — | — | — | — | — | — |
| 35Г2 | — | 40 | 38 | 37 | 36 | 35 | — | — | — | — | — |
| 45Г2 | — | 44 | 43 | 41 | 35 | — | — | — | — | — | — |
| 20Х | 42 | 42 | 41 | 40 | 38 | — | — | — | — | — | — |
| 30Х | — | 47 | 44 | 42 | 39 | 36 | 32 | 29 | 26 | 27 | — |
| 35Х | — | 47 | 43 | 40 | 36 | — | — | — | — | — | — |

Продолжение таблицы 2

| Марка стали, сплава | Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при температуре, °С | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| 38ХА | — | 50 | 46 | 42 | 40 | 37 | 35 | 31 | — | — | — |
| 40Х | — | 46 | 43 | 39 | 36 | — | — | — | — | — | — |
| 10ГН2МФА, 10ГН2МФА- ВД, 10ГН2МФА-Ш | — | 36 | 40 | 43 | 44 | — | — | — | — | — | — |
| 12МХ | — | 52 | 52 | 52 | 49 | 47 | 46 | 44 | — | — | — |
| 15ХМ | — | 44 | 43 | 41 | 39 | 36 | 33 | — | — | — | — |
| 20ХМ | — | 46 | 44 | 43 | — | 40 | — | — | — | — | — |
| 30ХМ, 30ХМА | 43 | 36 | 34 | 33 | — | 31 | — | — | — | — | — |
| 35ХМ | — | 36 | 34 | 33 | — | — | — | — | — | — | — |
| 33ХС | 40 | 38 | 37 | 37 | 35 | 33 | 31 | 29 | 27 | — | — |
| 38ХС | — | — | 36 | — | 35 | 33 | — | — | — | — | — |
| 40ХС | — | — | 36 | — | 35 | — | 34 | — | — | — | — |
| 15ХФ | — | 43 | 42 | 42 | 40 | 36 | 34 | 30 | — | — | — |
| 25ХГСА | 35 | 36 | 37 | 37 | 39 | 34 | 32 | 31 | 29 | — | — |
| 30ХГС, 30ХГСА | — | 38 | 41 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 32 | — | — |
| 18ХГТ | 37 | 38 | 38 | 37 | 35 | 34 | 31 | 30 | 29 | — | — |
| 30ХГТ | 36 | 37 | 36 | 34 | 33 | 31 | 29 | 28 | 28 | — | — |
| 12Х1МФ (ЭИ 575) | 36 | 36 | 36 | 35 | 33 | 32 | 31 | — | — | — | — |
| 13Х1МФ (14Х1ГМФ, ЦТ 1) | 34 | 39 | 40 | 36 | 35 | 33 | 31 | — | — | — | — |
| 15Х1М1Ф | — | 41 | 40 | 39 | 37 | 36 | 34 | — | — | — | — |
| 25Х1МФ (ЭИ 10) | — | 42 | 41 | 41 | 39 | — | — | — | — | — | — |
| 25Х1М1Ф (Р2, Р2МА) | — | 40,6 | 39,8 | 39,0 | 37,7 | 36,0 | 33,9 | 31,0 | — | — | — |
| 20Х1М1Ф1ТР (ЭП 182) | — | 42 | 41 | 40 | 40 | 39 | 39 | 38 | — | — | — |
| 20Х1М1Ф1БР (ЭП 44) | — | 41 | 46 | 48 | 50 | 53 | 56 | — | — | — | — |
| 40ХН | — | 44 | 43 | 41 | 39 | 37 | — | — | — | — | — |
| 12ХН2 | 22 | 23 | 30 | — | 31 | — | — | — | — | — | 21 |
| 40ХН2МА (40ХНМА) | — | 46 | 44 | 40 | 38 | — | — | — | — | — | — |
| 30ХН2МФА (30ХН2ВФА) | 36 | 35 | 35 | 34 | 32 | 31 | 29 | 28 | 27 | — | — |
| 12ХН3А | 31 | — | — | — | — | 26 | — | — | — | — | — |
| 20ХН3А | — | 36 | 34 | 33 | 33 | 31 | 31 | 30 | 28 | — | — |
| 30ХН3А | 34 | 35 | 36 | 36 | 36 | 35 | 31 | 28 | 27 | — | — |
| 34ХН3М, 34ХН3МА | — | 41 | 38 | 34 | 31 | — | — | — | — | — | — |
| 38ХН3МФА | 34 | 34 | 34 | 33 | 32 | 32 | 30 | 29 | 28 | — | — |

Продолжение таблицы 2

| Марка стали, сплава | Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при температуре, °С | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------|---------------|------|---------------|---------------|-----------------|------|------|------|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| 10Х2М (48ТН-1), 10Х2М-ВД | — | 49 (120°С) | 48 (220°С) | 48 | 47 (410°С) | 46 (520°С) | 45,6 (610°С) | — | — | — | — |
| 15Х2МФА (ТС-3-40), 15Х2МФА-А [3] | 40 | 39,7 | 38,8 | 37,7 | 36,8 | — | — | — | — | — | — |
| 18Х2МФА (48ТС-3), 18Х2МФА-А | 40 | 39,7 | 38,8 | 37,7 | 36,8 | — | — | — | — | — | — |
| 25Х2М1Ф (ЭИ 723) | — | 33 | 32 | 30 | 28 | 28 | 26 | — | — | — | — |
| 12Х2МФБ (ЭИ 531) | 29 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12Х2МФСР | 33 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10Х2М1ФБ (48ТН-2), 10Х2М1ФБ-ВД | 29 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 38Х2МЮА (38ХМЮА) | 33 | 33 | 32 | 31 | 29 | 29 | 28 | 27 | 27 | — | — |
| 15Х2НМФА [4] | — | 35 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 33 | — | — | — |
| 15Х2НМФА | — | 29 | 30 | 31 | 32 | — | — | — | — | — | — |
| 15Х2НМФА-А, 15Х2НМФА класс 1 | — | 24 | 25 | 27 | 28 | — | — | — | — | — | — |
| 20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579), 20Х3МВФА | — | 36 | 33 | 31 | 31 | 30 | 29 | 29 | — | — | — |
| 25Х3МФА (48ТС-4), 25Х3МФА-А | 40 | 39,7 | 38,9 | 37,7 | 36,8 | — | — | — | — | — | — |
| 15Х5М (12Х5МА, Х5М) | 35 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 40ХФА | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 33 | 31 | 29 | 28 | — | — |
| 50ХФА | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 33 | 31 | 29 | 28 | — | — |
| ШХ15 | 40 | — | — | — | — | — | 37 | 31 | — | — | — |
| 40Х9С2 (4Х9С2, ЭСХ 8) | — | 16,8 | — | 20,1 | — | — | 26,0 | — | 26,0 | — | — |
| 40Х10С2М (4Х10С2М, ЭИ 107) | 17 | 18 | 20 | 22 | 22 | 24 | 25 | 26 | — | — | — |
| 15Х11МФ (1Х11МФ) | — | — | 25 | 26 | 27 | 28 | 28 | — | — | — | — |
| 12Х11В2МФ (ЭИ 756) | — | 25 | 24 | 24 | 23 | 22 | 21 | — | — | — | — |
| 18Х11МНФБ (2Х11МФБН, ЭП 291) [3] | — | 21,4 | 25,1 | 25,9 | 26,3 | 27,2 | 28 | — | — | — | — |
| 13Х11Н2В2МФ (ЭИ 961) | 20,9 | 22,3 | 24 | 25 | 27,2 | 28 | 28,5 | 28,9 | 31,4 | — | — |
| 13Х11Н2В2МФ-Ш (ЭИ 961-Ш) | 21 | 22 | 24 | 26 | 27 | — | 28 | 29 | 30 | — | — |
| 10Х11Н20ТЗР (ЭИ 696) | 15,2 | 16,3 | 17,5 | 18,8 | 20,5 | 22,6 | 23,8 | 25,1 | 26,8 | 28,5 | — |
| 10Х11Н23ТЗМР (10Х12Н22ТЗМР, ЭП 33, ЭИ 696М) [85] | 12,6 | 13,8 | 15 | 16,7 | 18 | 19,7 | 20,9 | 22 | 23,8 | 25,5 | — |
| 18Х12ВМБФР (ЭП 993) [9] | 27,6 | 21,8 | 24 | 25,1 | 26,3 | 27,2 | 28 | 28,9 | — | — | — |
| 18Х12ВМБФР-Ш (ЭИ 993-Ш) | 28 | 25 | 27 | 29 | 31 | 35 | 36 | 29 | — | — | — |

Продолжение таблицы 2

| Марка стали, сплава | Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при температуре, °С | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| 15X12ВНМФ (ЭИ 802, ЭИ 952) | — | — | 25 | 26 | 26 | 26 | 27 | 27 | 27 | 28 | — |
| 20X12ВНМФ (ЭП 428) [4] | — | 25 | 25 | 26 | 26 | 27 | 27 | — | — | — | — |
| 06X12НЗД | — | 29 | 28 | 26 | 24 | — | — | — | — | — | — |
| 10X12НЗМ2ФА (Ш), 10X12НЗМ2ФА-А (Ш) | — | 21 | 22 | 23 | 24 | 26 | 27 | — | — | — | — |
| 37X12Н8Г8МФБ (ЭИ 481) | — | 17 | 18 | 20 | 21 | 23 | 25 | 26 | 27 | 29 | — |
| 08X13 (0X13, ЭИ 496) | — | 28 | 28 | 28 | 28 | 27 | 26 | 26 | 25 | 27 | — |
| 12X13 (1X13) | — | 28 | 28 | 28 | 28 | 27 | 26 | 26 | 25 | 27 | — |
| 20X13 (2X13) | — | 26 | 26 | 26 | 26 | 27 | 26 | 26 | 27 | 28 | — |
| 30X13 (3X13) | — | 26 | 27 | 28 | 27 | 27 | 27 | 27 | 25 | 27 | — |
| 40X13 (4X13) | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 29 | 29 | 28 | 28 | 29 | — |
| 12X13Г12АС2Н2 (ДИ 50) | — | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 23 | 24 | — | — | — |
| 25X13Н2 (2X14Н2, ЭИ 474) | 18 | 19 | 20 | 22 | 24 | — | — | — | — | — | — |
| 03X13Н8Д2ТМ (ЭП 699) | 19 | 20 | 22 | 22 | 26 | 30 | — | — | — | — | — |
| 08X14МФ | 25 | 28 | 29 | 31 | 33 | 35 | 37 | — | — | — | — |
| 10X14Г14Н4Т (X14Г14Н3Т, ЭИ 711) | 19 | 18 | 19 | 17 | 21 | 23 | 24 | 26 | 43 | — | — |
| 1X14Н14В2М (ЭИ 257) | — | 6 | 12 | 17 | 21 | 24 | 27 | 30 | — | — | — |
| 45X14Н14В2М (ЭИ 69) [17] | 14* | 15 | 17 | 19 | 20 | 21 | 22 | 24 | — | — | 31 |
| 09X14Н16Б (ЭИ 694) | 15,9 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 09X14Н19В2БР (ЭИ 695Р) [5] | 12,3 | 13,7 | 16,2 | 18,6 | 20,5 | 22,6 | 24,4 | 26,4 | 28 | — | — |
| 09X14Н19В2БР1 (ЭИ 726) | 16 | 16 | 16 | 18 | 19 | 21 | 23 | 25 | 28 | — | — |
| 08X15Н24В4ТР (ЭП 164) [5] | 12,2 | 14 | 15 | 15 | 17 | 20 | 24 | 26 | — | — | — |
| 07X16Н6 (X16Н6, ЭП 288) | 17 | 18 | 19 | 20 | 22 | 23 | 25 | 26 | — | — | — |
| 08X16Н13М2Б (ЭИ 405, ЭИ 680) | — | 15 | 17 | 18 | 20 | 22 | 23 | 25 | — | — | — |
| 10X16Н14В2БР (1X16Н14В2БР, ЭП 17) | — | 16 | 22 | 23 | 23 | 26 | 30 | — | — | — | — |
| X16Н16МВ2БР (ЭП 184) | 14 | 15 | 16 | 18 | 19 | 21 | 23 | 25 | — | — | — |
| 08X17Т (0X17Т, ЭИ 645) | 25 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12X17 (X17, ЭЖ 17) | — | 24 | 24 | 25 | 26 | 26 | — | — | — | — | — |
| 14X17Н2 (1X17Н2, ЭИ 268) | 21 | 22 | 23 | 24 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 30 | — |
| 02X17Н11М2 | 15 | — | — | — | 20 | — | 22 | — | 24 | — | — |

Продолжение таблицы 2

| Марка стали, сплава | Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при температуре, °С | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| 08X17H13M2T (0X17H13M2T) | 15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10X17H13M2T (X17H13M2T, ЭИ 448) | 15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10X17H13M3T (X17H13M3T, ЭИ 432) | 15 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 03X17H14M3 (000X17H13M2) | 29,4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08X17H15M3T (ЭИ 580) | 14,7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 015X18M2Б-ВИ (ЭП 882-ВИ) | — | 20 | 21 | 21 | 22 | — | — | — | — | — | — |
| 12X18H9 (X18H9) | — | 16 | 18 | 19 | 20 | 22 | 23 | 25 | 26 | — | — |
| 12X18H9T (X18H9T) | — | 16 | 18 | 20 | 21 | 23 | 25 | 26 | 28 | 29 | — |
| 17X18H9(2X18H9) | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | — |
| 08X18H10 (0X18H10) | 17 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08X18H10T (0X18H10T, ЭИ 914) | — | 16 | 18 | 19 | — | — | — | — | — | — | — |
| 12X18H10T | 15,1 | 16 | 18 | 20 | 21 | 23 | 25 | 26 | 28 | 29 | — |
| 12X18H12T (X18H12T) | 15 | 16 | 18 | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | 26 | — | — |
| 10X18H18Ю4Д (ЭП 841) | — | 12 | 13 | 15 | 17 | 18 | 21 | 22 | 23 | — | — |
| X18H22B2T2 (48АН-1) [2] | — | 14 | 14 | 18 | 19 | 21 | 12 | — | — | — | — |
| 36X18H25C2 (4X18H25C2, ЭЯ 3С) | — | 15 | — | — | — | 22 | 25 | 26 | — | — | 37 |
| 31X19H9МВБТ (ЭИ 572) | — | 15 | 16 | 18 | 20 | 22 | 23 | 25 | — | — | — |
| 20X20H14C2 (X20H14C2, ЭИ 211) | — | 15 | 17 | 18 | 19 | 21 | 23 | 24 | 26 | 28 | — |
| 08X21H6M2T (0X21H6M2T, ЭП 54) | 13 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 02X22H5AM3 | 14 | 16 | 17 | 19 | 20 | — | — | — | — | — | — |
| 08X22H6T (0X22H5T, ЭП 53) | — | 15 | 16 | 18 | 20 | 21 | 23 | 24 | 27 | 30 | — |
| 20X23H13 (X23H13, ЭИ 319) | — | — | 17 | 19 | 21 | 23 | 24 | 27 | 29 | 31 | — |
| 20X23H18 (X23H18, ЭИ 417) | 14 | 16 | — | 19 | — | 22 | — | — | — | — | — |
| 03X24H6AM3 (ЗИ 130) | 14 | 15 | 16 | 17 | 19 | — | — | — | — | — | — |
| 15X25T (X25T, ЭИ 439) | 17 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12X25H16Г7АР (ЭИ 835) | 14 | 15 | 16 | 18 | 19 | 21 | 22 | 24 | 26 | 28 | — |
| 20X25H20C2 (X25H20C2, ЭИ 283) | — | 15 | — | — | — | 22 | 24 | 25 | 27 | 29 | — |
| 03H18K9M5T | 23 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| У8, У8А | — | 49 | 46 | 42 | 38 | 35 | 33 | 30 | 24 | 25 | — |

Продолжение таблицы 2

| Марка стали, сплава | Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при температуре, °С | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| У12, У12А | — | 45 | 43 | 40 | 37 | 35 | 32 | 28 | 24 | 25 | — |
| 3Х3М3Ф | 31 | 32 | 34 | 36 | 36 | 36 | 35 | 34 | 33 | 34 | — |
| 4Х4ВМФС (ДИ 22) | 26 | 27 | 29 | 30 | 31 | 32 | 32 | 33 | 32 | 33 | — |
| 4Х5МФ1С (ЭП 572) | 26 | 27 | 29 | 30 | 31 | 32 | 32 | 33 | 32 | 33 | — |
| Р9 | — | 23 | 25 | 26 | 28 | 30 | 31 | — | — | — | — |
| Р18 | — | 26 | 27 | 28 | 29 | 28 | 27 | 27 | — | — | — |
| 15Л | — | 79 | 67 | — | 48 | 42 | — | — | — | — | — |
| 20Л | — | 78 | 67 | 48 | — | — | — | — | 42 | — | — |
| 25Л | 51 | 75 | 63 | 44 | 38 | — | — | — | — | — | — |
| 30Л | — | 75 | 64 | 44 | 38 | — | — | — | — | — | — |
| 35Л | — | 75 | 64 | 52 | 38 | — | — | — | — | — | — |
| 40Л | — | 59 | 53 | 47 | 41 | — | — | — | — | — | — |
| 45Л | — | 68 | 55 | 36 | 31 | — | — | — | — | — | — |
| 50Л | — | 68 | 55 | 36 | 31 | 31 | — | — | — | — | — |
| 20ГСЛ | 37 | 38 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 110Г13Л | 11 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08ГДНФЛ | 39 | 39 | 39 | 39 | 37 | 35 | 32 | 30 | 28 | 27 | — |
| 32Х06Л | 50 | 49 | 46 | 42 | 39 | 36 | 32 | 29 | 26 | 27 | — |
| 40ХЛ | 48 | 46 | 45 | 42 | 39 | 35 | 32 | 28 | 27 | 27 | — |
| 20ХМЛ | 48 | 46 | 44 | 42 | 40 | — | — | — | — | — | — |
| 20ХМФЛ | — | 46 | 43 | 41 | 39 | 37 | 34 | — | — | — | — |
| 35ХМЛ | 47 | 44 | 42 | 40 | 37 | 34 | 31 | 28 | 27 | 27 | — |
| 15Х1М1ФЛ | — | 41 | 40 | 39 | 37 | 36 | 34 | 32 | — | — | — |
| 35ХГСЛ | 36 | 37 | 38 | 38 | 37 | 35 | 33 | 32 | 30 | 29 | — |
| 15Х11МФБЛ (1Х11МФБЛ, Х11ЛА) | — | — | 26 | 26 | 27 | 27 | 28 | 28 | — | — | — |
| 20Х12ВНМФЛ (15Х12ВНМФЛ, Х11ЛБ, ЭИ 802Л) | — | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 30 | — | — | — |
| 06Х12Н3ДЛ | — | 29 | 28 | 26 | 24 | — | — | — | — | — | — |
| 20Х13Л [4] | 21 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 | — |
| 10Х13Н3М1Л | 25 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 06Х14Н5ДМФЛ | 18,1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10Х18Н9Л | — | 16 | 18 | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | — | — | — |
| 10Х18Н9ТЛ | — | 16 | 18 | 20 | 21 | 23 | 25 | 26 | 28 | 29 | — |

Продолжение таблицы 2

| Марка стали, сплава | Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при температуре, °С | | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| 12X18H9ТЛ [4] | 15 | 16 | 18 | 19 | 21 | 22 | 24 | 25 | 26 | 27 | — |
| 12X18H12M3ТЛ | 15 | 14 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 06ХН28МДТ (0Х23Н28М3Д3Т, ЭИ 943) | 13 | 13 | 15 | 17 | — | 22 | 24 | 25 | 26 | — | — |
| ХН32Т (ЭП 670) | 16 | 13 | 15 | 17 | 18 | 19 | 21 | 22 | 23 | 25 | — |
| ХН35ВТ (ЭИ 612) | — | 13 | 16 | 17 | 19 | 21 | 22 | 24 | 26 | — | — |
| ХН35ВТК (ЭИ 612К) | — | 13 | 15 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | — | — | — |
| ХН35ВТЮ (ЭИ 787) | 13 | 16 | 18 | 19 | 21 | 23 | 25 | 26 | 28 | 29 | — |
| ХН35ВТР (ЭИ 725) | 13 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ХН45Ю (ЭП 747) | — | 11 | 12 | 14 | 16 | 18 | 19 | 21 | 23 | 24 | — |
| 06ХН46Б (Х20Н46Б, ЭП 350) | 13 | 13 | 14 | 16 | 17 | 20 | 22 | 25 | — | — | — |
| 05ХН46МВБЧ (ДИ 65) | — | 10 | 12 | 15 | 16 | 21 | 24 | 27 | 30 | 32 | 34 |
| ХН55ВМТКЮ (ЭИ 929), ХН55ВМТКЮ-ВД (ЭИ 929-ВД) | 9 | 11 | 12 | 14 | 16 | 17 | 20 | 23 | 24 | 27 | — |
| ХН60Ю (ЭИ 559А) | — | 11 | 13 | 16 | 20 | 24 | 29 | 35 | 40 | 47 | — |
| ХН60ВТ (ЭИ 868) | 10 | 10 | 12 | 14 | 16 | 19 | 20 | 23 | 26 | 28 | — |
| ХН62МБВЮ (ЭП 709) | — | 10 | 11 | 13 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 | 27 | — |
| ХН62МВКЮ (ЭИ 867) | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 20 | 22 | 23 | 25 | — |
| ХН62МВКЮ (ЭИ 867) [42], ХН62МВКЮ-ВД (ЭИ 867-ВД) | — | 10,1 | 13,1 | 15,1 | 17,2 | 18,9 | 20,1 | 21,8 | 23,0 | 24,3 | — |
| ХН65ВМТЮ (ЭИ 893) | 13 | — | 13 | 14 | 15 | 17 | 20 | 23 | 27 | — | — |
| ХН65МВУ (ЭП 760) | 12,6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ХН67МВТЮ (ЭП 202, ЭИ 445Р) | — | 10 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 24 | — |
| ХН70Ю (ЭИ 652) | 12 | 13 | 14 | 14 | 17 | 19 | 19 | 23 | 25 | 27 | — |
| ХН70БДТ (ЭК 59) | 12 | 13 | 15 | 18 | 20 | — | — | — | — | — | — |
| ХН70ВМЮТ (ЭИ 765) | — | 11 | 13 | 17 | 19 | 28 | 28 | 30 | — | — | — |
| ХН70ВМТЮ (ЭИ 617) | — | 10 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 22 | 24 | 27 | — |
| ХН70ВМТЮФ (ЭИ 826), ХН70ВМТЮФ-ВД (ЭИ 826-ВД) | 9 | 11 | 13 | 14 | 16 | 18 | 21 | 23 | 25 | 28 | — |
| ХН73МБТЮ (ЭИ 698) | — | 11,7 | 13,4 | 14,6 | 15,9 | 17,6 | 19,7 | 21,3 | 23,0 | 24,7 | — |
| ХН75ВМЮ (ЭИ 827) | 8,8 | 10,1 | 12,8 | 13,4 | 15,0 | 17,5 | 20,1 | 22,2 | 25,1 | 27,6 | — |
| ХН77ТЮР (ЭИ 437Б) | — | 13,8 | 15,5 | 17,2 | 18,9 | 21,0 | 23,5 | 25,2 | 28,1 | 31,0 | — |
| ХН78Т (ЭИ 435) | — | 10,5 | 13,0 | 15,9 | 19,6 | 24,0 | 29,3 | 34,5 | 40,2 | 47,4 | — |

Продолжение таблицы 2

| Марка стали, сплава | Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при температуре, °С | | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| МНЖМц30-1-1 | 37,2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрА10ЖЗМц2 (БрАЖМц 10-3-1,5) | 58,6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрБ2 | 104,5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрО5Ц5С5 (БрОЦС5-5-5) | 88,5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрО10Ф1 (БрОФ10-1) | 49,1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Б83 | 33,5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ВТ1-0 | 19 | 19 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | — | — | — | — |
| ВТ1-00 | 19,3 | 18,9 | 18,4 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | — | — | — | — |
| ВТ1-1 [39] | 16 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ВТ5-1 [32] | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 15 | 17 | — | — | — |
| ВТ-9 [42] | 7,5 | 8,4 | 9,6 | 10,9 | 12,2 | 13,8 | 15,1 | 16,3 | 18,0 | 19,7 | — |
| ОТ4 | 8,2 | 10,4 | 11,3 | 12,1 | 13,4 | 14,6 | 16,3 | — | — | — | — |
| ОТ4-0 [32] | 10 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | — | — | — | — |
| ОТ4-1 | — | 11 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | — | — | — | — |
| ПТ-3В | — | 10,5 | 11,3 | 12,2 | 13,4 | 14,7 | 16,3 | — | — | — | — |
| ПТ-7М | 19,2 | 18,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Н-1 (Zr+1%Nb, Э 110, Э 110 о.ч.) [84] | 17,2 | 18,0 | 19,3 | 20,0 | 20,5 | 20,9 | 21,8 | 22,9 | — | — | — |

* По данным работы [4].

Таблица 3. Удельная теплоёмкость C , Дж/(кг·°C) [1, 42]

| Марка стали, сплава | Удельная теплоёмкость C , Дж/(кг·°C), при температуре, °C | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| Ст3сп | 460 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08 | — | 465 | 477 | — | 510 | — | 565 | — | — | — | — |
| 08кп | — | 482 | 498 | 514 | 533 | 555 | 584 | 626 | 695 | 695 | — |
| 10 | — | 465 | 477 | — | 510 | — | 565 | — | — | — | — |
| 10кп | — | 466 | 479 | — | 512 | — | 567 | — | — | — | — |
| 15 | — | 469 | 481 | — | 523 | 569 | — | — | — | — | — |
| 15кп | — | 465 | 486 | 515 | 532 | 565 | 586 | 620 | 691 | — | — |
| 20 | 460 | 469 | 481 | — | 536 | 569 | — | — | — | — | — |
| 20кп | — | 486 | 498 | 514 | 533 | 555 | 584 | 636 | 703 | 695 | — |
| 25 | — | 469 | 481 | — | 519 | 569 | — | — | — | — | — |
| 30 | — | 469 | 481 | 544 | 523 | 762 | — | — | — | — | — |
| 35 | — | 469 | 481 | — | 523 | 569 | — | — | — | — | — |
| 40 | — | 469 | 481 | — | 519 | 569 | — | — | — | — | — |
| 45 | 460 | 469 | 481 | — | 523 | — | 574 | — | — | — | — |
| 50 | — | — | — | 561 | 641 | 787 | — | — | — | — | — |
| 55 | — | 477 | 486 | — | 523 | 569 | — | — | — | — | — |
| 60 | — | 481 | 486 | — | 528 | — | 565 | — | — | — | — |
| 15К | — | 469 | 481 | — | 523 | 569 | — | — | — | — | — |
| 20К | — | 469 | 481 | — | 536 | 569 | — | — | — | — | — |
| 22К | — | 469 | 481 | — | 519 | 569 | — | — | — | — | — |
| A12 | — | 469 | — | 477 | 515 | — | 569 | — | — | — | — |
| 15Г | — | 496 | — | 538 | — | 592 | — | — | — | — | — |
| 20Г | — | 469 | 481 | — | 536 | 569 | — | — | — | — | — |
| 30Г | — | 469 | 481 | 544 | 599 | 762 | — | — | — | — | — |
| 40Г | — | 486 | 481 | — | 490 | — | 574 | — | — | — | — |
| 50Г | 487 | 500 | 517 | 533 | 559 | 584 | 609 | 676 | — | — | — |
| 45Г2 | — | 444 | 427 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20Х | 496 | 518 | 525 | 537 | 567 | 588 | 626 | 706 | — | — | — |
| 30Х | 482 | 496 | 513 | 532 | 555 | 583 | 620 | 703 | 687 | 678 | — |
| 40Х | — | 491 | 508 | 525 | 538 | 569 | 588 | 626 | 701 | 689 | — |
| 10ГН2МФА, 10ГН2МФА-ВД, 10ГН2МФА-Ш | — | 469 | 553 | 599 | 628 | — | — | — | — | — | — |

Продолжение таблицы 3

| Марка стали, сплава | Удельная теплоёмкость C , Дж/(кг·°С), при температуре, °С | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| 12МХ | 498 | — | 519 | 569 | 595 | 653 | 733 | 888 | — | — | — |
| 15ХМ | — | 486 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 35ХМ | — | 479 | 500 | 512 | 529 | 550 | 580 | 617 | 689 | 685 | — |
| 33ХС | 466 | 508 | 529 | 563 | 529 | 622 | 634 | 664 | — | — | — |
| 25ХГСА | 496 | 504 | 512 | 533 | 554 | 584 | 622 | 693 | — | — | — |
| 18ХГТ | — | 495 | 508 | 525 | 537 | 567 | 588 | 626 | 705 | — | — |
| 30ХГТ | — | 495 | 508 | 525 | 537 | 567 | 588 | 626 | 705 | — | — |
| 12Х1МФ (ЭИ 575), 12Х1МФ-ПВ | — | 507 | 597 | 607 | 643 | 695 | 783 | 934 | 1025 | — | — |
| 25Х1МФ (ЭИ 10) | 461 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 30ХН2МФА (30ХН2ВФА) | 466 | 508 | 529 | 567 | 588 | — | — | — | — | — | — |
| 20ХН3А | — | 494 | 507 | 523 | 536 | 565 | 586 | 624 | 703 | — | — |
| 30ХН3А | — | 494 | 504 | 518 | 536 | 558 | 587 | 657 | 703 | 695 | 687 |
| 25Х2М1Ф (ЭИ 723) | — | 536 | 574 | 607 | 632 | 674 | 733 | — | — | — | — |
| 38Х2МЮА (38ХМЮА) | 496 | 517 | 533 | 546 | 575 | 609 | 638 | 676 | — | — | — |
| 15Х2НМФА, 15Х2НМФА-А, 15Х2НМФА класс 1 | — | 490 | 515 | 540 | 569 | — | — | — | — | — | — |
| 20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579) | — | 502 | 561 | 611 | 657 | 716 | 754 | — | — | — | — |
| 15Х5М (12Х5МА, Х5М) | 419 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10Х9В2МФБР-Ш | 420 | 430 | 460 | 480 | 510 | 580 | 630 | — | — | — | — |
| 40Х10С2М (4Х10С2М, ЭИ 107) | — | — | — | 532 | 561 | 586 | — | — | — | — | — |
| 18Х11МНФБ (2Х11МФБН, ЭП 291) | — | 490 | 540 | 590 | 666 | 766 | 900 | — | — | — | — |
| 06Х12Н3Д | — | 523 | 544 | 577 | 594 | — | — | — | — | — | — |
| 10Х12Н3М2ФА (Ш), 10Х12Н3М2ФА-А (Ш) | — | 510 | 538 | 562 | 588 | 627 | — | — | — | — | — |
| 08Х13 (0Х13, ЭИ 496) | 462 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12Х13 (1Х13) | 473 | 487 | 506 | 527 | 554 | 586 | 636 | 657 | 666 | — | — |
| 20Х13 (2Х13) | 440 | 461 | 523 | 565 | 628 | 691 | 775 | 963 | — | — | — |
| 30Х13 (3Х13) | 473 | 486 | 504 | 525 | 532 | 586 | 641 | 679 | 691 | — | — |
| 40Х13 (4Х13) | 452 | 477 | 502 | 528 | 553 | 578 | 620 | 666 | 691 | — | — |
| 12Х13Г12АС2Н2 (ДИ 50) | — | 523 | 559 | 602 | 613 | 648 | 668 | 690 | — | — | — |
| 08Х14МФ | 460 | 473 | 502 | 540 | 574 | 682 | 754 | — | — | — | — |
| 1Х14Н14В2М (ЭИ 257) | 461 | 486 | 515 | 536 | 544 | 557 | 590 | 624 | — | — | — |
| 45Х14Н14В2М (ЭИ 69) | — | — | — | 507 | 511 | 523 | 528 | — | — | — | — |

Продолжение таблицы 3

| Марка стали, сплава | Удельная теплоёмкость C , Дж/(кг·°С), при температуре, °С | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| 09X14H19B2BP1 (ЭИ 726) | 502 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08X15H24B4TP (ЭП 164) | 478 (-20°С) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 07X16H6 (X16H6, ЭП 288) | — | 440 | 500 | 550 | 590 | 630 | 670 | 710 | — | — | — |
| 08X17T (0X17T, ЭИ 645) | 462 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 14X17H2 (1X17H2, ЭИ 268) | 462 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 02X17H11M2 | 470 | — | — | — | 560 | — | 610 | — | 650 | — | — |
| 08X17H13M2T (0X17H13M2T) | 504 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10X17H13M2T (X17H13M2T, ЭИ 448) | 504 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10X17H13M3T (X17H13M3T, ЭИ 432) | 504 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08X17H15M3T (ЭИ 580) | 504 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 015X18M2Б-ВИ (ЭП 882-ВИ) | — | 473 | 519 | 578 | 636 | — | — | — | — | — | — |
| 12X18H9 (X18H9) | 504 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12X18H9T (X18H9T) | 469 | 486 | 498 | 511 | 519 | 528 | 532 | 544 | 548 | — | — |
| 17X18H9 (2X18H9) | 504 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08X18H10 (0X18H10) | 504 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08X18H10T (0X18H10T, ЭИ 914) | 461 | 494 | 515 | 536 | 549 | 561 | 574 | 595 | — | — | — |
| 12X18H10T | 465 (-20°С) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08X18H12Б (ЭИ 402) | 504 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12X18H12T (X18H12T) | 461 | 494 | 515 | 540 | 548 | 561 | 574 | 595 | — | — | — |
| 36X18H25C2 (4X18H25C2, ЭЯ 3С) | 515 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 02X22H5AM3 | 480 | 500 | 530 | 550 | 590 | — | — | — | — | — | — |
| X23Ю5T | 480 | — | — | — | — | — | — | — | 750 | — | — |
| 20X23H13 (X23H13, ЭИ 319) | 538 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20X23H18 (X23H18, ЭИ 417) | 538 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 03X24H6AM3 (ЗИ 130) | 480 | 500 | 530 | 550 | 570 | — | — | — | — | — | — |
| 15X25T (X25T, ЭИ 439) | 462 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| X27Ю5T | 500 | — | — | — | — | — | — | — | 690 | — | — |
| У8, У8А | 477 | 511 | 528 | 548 | 565 | 594 | 624 | 724 | 724 | 703 | — |
| У12, У12А | 469 | 503 | 519 | 536 | 553 | 720 | 611 | 712 | 703 | 699 | — |
| 4X5MФ1С (ЭП 572) | 431 | 477 | 519 | 565 | 620 | 703 | 888 | 766 | 749 | — | — |

Продолжение таблицы 3

| Марка стали, сплава | Удельная теплоёмкость C , Дж/(кг·°С), при температуре, °С | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| Р6М5 | — | 440 | 470 | 500 | 550 | 580 | 670 | 900 | — | — | — |
| Р18 | — | 420 | 450 | 470 | 510 | 550 | 610 | 690 | — | — | — |
| 15Л | — | 469 | 477 | — | 515 | — | 570 | — | — | — | — |
| 20Л | — | 469 | 481 | — | 536 | — | 570 | — | — | — | — |
| 25Л | — | 469 | 481 | — | 519 | — | 570 | — | — | — | — |
| 30Л | — | 469 | 481 | — | 523 | — | 570 | — | — | — | — |
| 35Л | — | 469 | 481 | — | 523 | — | 574 | — | — | — | — |
| 40Л | — | 469 | 481 | — | 523 | — | 574 | — | — | — | — |
| 45Л | — | 469 | 481 | — | 523 | — | 569 | — | — | — | — |
| 50Л | — | 478 | 511 | — | 511 | — | 569 | — | — | — | — |
| 20ГСЛ | — | 469 | 482 | — | 536 | 569 | — | — | — | — | — |
| 08ГДНФЛ | — | 483 | 500 | 517 | 529 | 554 | 571 | 613 | 697 | 693 | — |
| 40ХЛ | — | 491 | 508 | 525 | 538 | 569 | 588 | 626 | 701 | 689 | — |
| 20ХМЛ | — | 498 | 572 | 588 | 612 | 660 | — | — | — | — | — |
| 20ХМФЛ | — | 498 | 574 | 590 | 615 | 666 | 741 | — | — | — | — |
| 35ХМЛ | — | 479 | 500 | 512 | 529 | 550 | 580 | 617 | 689 | 685 | — |
| 35ХГСЛ | — | 496 | 504 | 512 | 533 | 554 | 584 | 622 | 693 | 689 | — |
| 15Х11МФБЛ (1Х11МФБЛ, Х11ЛА) | — | 494 | 528 | 574 | 641 | 741 | 867 | — | — | — | — |
| 06Х12Н3ДЛ | — | 523 | 544 | 577 | 594 | — | — | — | — | — | — |
| 20Х13Л [4] | — | 470 | 491 | 512 | 533 | 563 | 596 | 643 | 680 | 693 | — |
| 10Х13Н3М1Л | 495 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 06Х14Н5ДМФЛ | 548 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10Х18Н9Л | — | 504 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12Х18Н9ТЛ [4] | — | 512 | 533 | 533 | 542 | 554 | 571 | 580 | 588 | 596 | — |
| 12Х18Н12М3ТЛ | 504 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Х16Н36МБТЮР (ЭП 150) | — | 507 | 597 | 607 | 643 | 695 | 783 | 934 | 1025 | — | — |
| ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД | — | 511 | 544 | 569 | 590 | 595 | 595 | — | — | — | — |
| 05ХН46МВБЧ (ДИ 65) | — | 445 | 465 | 480 | 490 | 500 | 510 | 515 | 520 | — | — |
| ХН65МВУ (ЭП 760) | 386 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ХН70БДТ (ЭК 59) | — | 450 | 475 | 500 | 505 | — | — | — | — | — | — |
| ХН73МБТЮ (ЭИ 698) | — | 419 | 460 | 460 | 502 | 545 | 587 | 629 | 712 | 754 | — |
| ХН77ТЮР (ЭИ 437Б) | — | 440 | 460 | 500 | 550 | 570 | 590 | 630 | 670 | 710 | 710 |
| ХН80ТБЮА (ЭИ 607А) | — | 494 | 547 | 607 | 678 | 749 | 829 | — | — | — | — |

Продолжение таблицы 3

| Марка стали, сплава | Удельная теплоёмкость C , Дж/(кг·°С), при температуре, °С | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| X15H60-H | 460 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| X20H80-H | 440 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| XH64BMKYOTЛ (ЗМИ 3) | 430 | 450 | 470 | 490 | 515 | 540 | 565 | 590 | 625 | 650 | 1008 |
| XH65BMTIOTЛ (ЭИ 893Л) | 425 | 430 | 440 | 470 | 500 | 510 | 550 | 615 | 650 | — | — |
| XH65KMBIOTЛ (ЖС 6К) | 380 | 400 | 420 | 445 | 470 | 485 | 515 | 560 | 610 | 660 | — |
| XH65VKMBIOTЛ (ЭИ 539ЛМУ) | 424 | 436 | 480 | 493 | 505 | 518 | 548 | 596 | 650 | 692 | 710 |
| XH70KBMKYOTЛ (ЦНК 17П) | 440 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| AMr2 | 970 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| AMr3 | 880 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| AMr5 | 954 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| AMr6 | 920 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| AB [36] | — | 797 | 880 | 964 | 1090 | — | — | — | — | — | — |
| Л63 | 385 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Л68 | 377 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ЛЖМц59-1-1 | 414 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрА10ЖЗМц2 (БрАЖМц 10-3-1,5) | 437 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрБ2 | 419 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрО5Ц5С5 (БрОЦС5-5-5) | 380 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрО10Ф1 (БрОФ10-1) | 398 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| BT1-0 | — | 503 | 545 | 566 | 587 | 628 | 670 | — | — | — | — |
| BT1-00 | — | 503 | 545 | 566 | 587 | 628 | 670 | — | — | — | — |
| BT5-1 | — | 503 | 545 | 566 | 587 | 628 | 670 | 712 | 796 | — | — |
| BT9 | — | 505 | 545 | 587 | 608 | 628 | — | — | — | — | — |
| OT4 | — | — | 566 | 628 | 670 | 755 | — | — | — | — | — |
| H-1 (Zr+1%Nb, Э 110, Э 110 о.ч.) [84] | — | 285 | 301 | 322 | 343 | 398 | 448 | — | — | — | — |

Примечание. Для тех марок, для которых присвоено значение $C(20^\circ)$ (первый столбец таблицы), нижняя граница температурного промежутка – 0°C . Для большинства остальных марок нижняя граница равна 20°C .

Таблица 4. Модуль нормальной упругости E , кН/мм^2 [1, 42]

| Марка стали, сплава | Модуль нормальной упругости E , кН/мм^2 , при температуре, $^{\circ}\text{C}$ | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| Ст2пс | 198 | 183 | 175 | 167 | 158 | — | — | — | — | — |
| Ст2сп | 198 | 183 | 175 | 167 | 158 | — | — | — | — | — |
| Ст3кп | 213 | 208 | 202 | 195 | 187 | 176 | 167 | 153 | — | — |
| Ст3пс | 213 | 208 | 202 | 195 | 187 | 176 | 167 | 153 | — | — |
| Ст3сп | 194 | 192 | 187 | 183 | 178 | 167 | 159 | 146 | 120 | 99 |
| Ст4пс | 196 | 183 | 174 | 167 | 158 | — | — | — | — | — |
| Ст5пс | 198 | 196 | 186 | 175 | 167 | — | — | — | — | — |
| Ст5сп | 198 | 196 | 191 | 185 | 164 | — | — | — | — | — |
| Ст6пс | 197 | 197 | 186 | 175 | 168 | — | — | — | — | — |
| Ст6сп | 197 | 197 | 186 | 175 | 168 | — | — | — | — | — |
| 08 | 203 | 207 | 182 | 153 | 141 | — | — | — | — | — |
| 08кп | 203 | 207 | 182 | 153 | 141 | — | — | — | — | — |
| 10 | 206 | 190 | 195 | 186 | 178 | 169 | 157 | — | — | — |
| 10кп | 186 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15 | 198 | 183 | — | 166 | 154 | — | — | — | — | — |
| 15кп | 201 | 192 | 185 | 172 | 156 | — | — | — | — | — |
| 20 [17] | 210 | 203 | 199 | 190 | 182 | 172 | 160 | — | — | — |
| 20кп | 212 | 208 | 203 | 197 | 189 | 177 | 163 | 140 | — | — |
| 25 | 198 | 196 | 191 | 185 | 164 | — | — | — | — | — |
| 30 | 200 | 196 | 191 | 185 | — | — | 163 | — | — | — |
| 35 | 206 | 197 | 183 | 176 | 167 | — | — | — | — | — |
| 40 | 209 | 206 | — | 196 | — | — | — | — | — | — |
| 45 | 200 | — | 191 | 190 | 172 | — | — | — | — | — |
| 50 | 216 | 211 | — | 216 | — | 177 | — | — | — | — |
| 55 | 210 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 60 | 204 | — | 208 | 189 | 175 | — | — | — | — | — |
| 75 | 191 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 85 | 191 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20К | 200 | 196 | 191 | 184 | 177 | — | — | — | — | — |
| 22К | 207 | 205 | 201 | 194 | 188 | — | — | — | — | — |
| A12 | 198 | 183 | — | 167 | 154 | — | — | — | — | — |
| 15Г | — | 186 | 183 | — | — | — | — | — | — | — |
| 20Г | 204 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 30Г | 204 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 40Г | 200 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 50Г | 216 | 213 | 208 | 199 | 185 | 174 | 160 | 142 | 130 | — |
| 35Г2 | 204 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 40Г2 | 212 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 45Г2 | 204 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 09Г2С | — | — | — | — | 179 | 169 | 145 | 91 | 80 | 59 |
| 20Х | 216 | 213 | 198 | 193 | 181 | 171 | 165 | 143 | 133 | — |
| 30Х | 208 | 211 | — | 197 | — | 175 | — | — | — | — |
| 35Х | 214 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 38ХА | 196 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 40Х | 214 | 211 | — | 197 | — | — | — | — | — | — |
| 45Х | 206 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 50Х | — | — | — | 206 | — | 207 | — | — | — | — |
| 10ГН2МФА, 10ГН2МФА-ВД, 10ГН2МФА-Ш | 210 | 205 | 198 | 191 | 182 | — | — | — | — | — |

Продолжение таблицы 4

| Марка стали, сплава | Модуль нормальной упругости E, кН/мм ² , при температуре, °С | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| 12МХ | 212 | 106 | 201 | 195 | 189 | 179 | 170 | 160 | — | — |
| 15ХМ | 204 | — | — | — | 169 | — | — | — | — | — |
| 30ХМ, 30ХМА | 209 | — | 204 | 197 | 188 | — | — | — | — | — |
| 35ХМ | 209 | — | 204 | 197 | 188 | — | — | — | — | — |
| 33ХС | 214 | 206 | 196 | 186 | 176 | 168 | 157 | 137 | 127 | — |
| 38ХС | 219 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 40ХС | 219 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15ХФ | 206 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 14ХГС | 200 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 25ХГСА | 213 | 206 | 194 | 187 | 175 | 168 | 163 | 143 | 130 | — |
| 30ХГСА | 194 | — | 174 | 169 | 156 | — | — | — | — | — |
| 18ХГТ | 211 | 205 | 197 | 191 | 176 | 168 | 155 | 136 | 129 | — |
| 30ХГТ | 212 | 202 | 195 | 189 | 174 | 169 | 157 | 138 | 132 | — |
| 12Х1МФ (ЭИ 575) | 209 | 206 | 202 | 197 | 189 | 179 | 166 | — | — | — |
| 13Х1МФ (14Х1ГМФ, ЦТ 1) | 214 | 211 | 205 | 198 | 185 | 179 | 170 | 155 | — | — |
| 15Х1М1Ф | 210 | 204 | 197 | 190 | 182 | 174 | 166 | 157 | — | — |
| 25Х1МФ (ЭИ 10) | 213 | 207 | 202 | 194 | 187 | 177 | 163 | — | — | — |
| 25Х1М1Ф (Р2, Р2МА) | 216 | 214 | 210 | 205 | 197 | 186 | 171 | — | — | — |
| 20Х1М1Ф1ТР (ЭП 182) | 211 | 208 | 204 | 198 | 190 | 179 | 167 | 150 | — | — |
| 20Х1М1Ф1БР (ЭП 44) | 213 | 207 | 201 | 192 | 184 | 177 | 164 | 149 | — | — |
| 40ХН | 200 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 30ХН2МА | 204 | 201 | 194 | 186 | 182 | 171 | 159 | — | — | — |
| 12ХН3А | 200 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20ХН3А | 212 | 204 | 194 | 188 | 169 | 169 | 153 | 138 | 132 | — |
| 30ХН3А | 215 | 207 | 195 | 187 | 175 | 171 | — | — | — | — |
| 25Х2М1Ф (ЭИ 723) | 219 | 214 | 209 | 203 | 196 | 188 | 179 | 172 | — | — |
| 10Х2МФБ (ЭИ 531), 12Х2МФБ (ЭИ 531) | 220 | — | — | — | — | 181 | 173 | — | — | — |
| 38Х2МЮА (38ХМЮА) | 209 | 202 | 194 | 190 | 181 | 174 | 162 | 147 | 137 | — |
| 15Х2НМФА, 15Х2НМФА-А, 15Х2НМФА класс 1 | 214 | 210 | 205 | 198 | 190 | — | — | — | — | — |
| 20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579) | 201 | — | 200 | 179 | 171 | 153 | 119 | 118 | — | — |
| 15Х5М (12Х5МА, Х5М) | 211 | — | — | — | 178 | 145 | 102 | — | — | — |
| 65Г | 207 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 40ХФА | 203 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 50ХФА | 196 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 55С2 | 196 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 60С2, 60С2А | 245 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ШХ15 | 201 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 95Х18 (9Х18, ЭИ 229) | 205 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12Х8ВФ (1Х8ВФ) | 218 | — | — | 164 | 153 | — | — | — | — | — |
| 10Х9МФБ (ДИ 82) | 220 | 215 | 210 | 200 | 190 | 180 | 170 | — | — | — |
| 10Х9В2МФБР-Ш | 191 | 184 | 184 | 173 | — | 152 | 98 | — | — | — |
| 40Х10С2М (4Х10С2М, ЭИ 107) | 214 | 211 | 205 | 202 | 196 | 187 | 172 | 151 | 129 | — |
| 15Х11МФ (1Х11МФ) | 224 | 218 | 209 | 201 | 189 | 177 | — | — | — | — |
| 12Х11В2МФ (типа ЭИ 756) | 208 | 204 | 199 | 191 | 182 | 170 | 161 | 148 | — | — |
| 18Х11МНФБ (2Х11МФБН, ЭП 291) | 224 | 177 | 209 | 201 | 189 | 177 | — | — | — | — |
| 03Х11Н10М2Т | 196 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10Х11Н20ТЗР (ЭИ 696) | 160 | — | — | — | 140 | 135 | 132 | 115 | 113 | 90 |
| 10Х11Н23ТЗМР (10Х12Н22ТЗМР, ЭП 33, ЭИ 696М) | 160 | — | — | — | 142 | 138 | 132 | 115 | — | — |

Продолжение таблицы 4

| Марка стали, сплава | Модуль нормальной упругости E, кН/мм ² , при температуре, °С | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| 18Х12ВМБФР-Ш (ЭИ 993-Ш) | 224 | — | 211 | 205 | 191 | 184 | 170 | 152 | — | — |
| 20Х12ВНМФ (ЭП 428) | 212 | — | — | 196 | 190 | 180 | 163 | — | — | — |
| 06Х12Н3Д | 212 | 211 | 205 | 198 | 187 | — | — | — | — | — |
| 10Х12Н3М2ФА (Ш), 10Х12Н3М2ФА-А (Ш) | 217 | 212 | 207 | 199 | 189 | 176 | 167 | — | — | — |
| 37Х12Н8Г8МФБ (ЭИ 481) | 171 | — | 157 | 147 | 140 | 133 | 126 | 115 | — | — |
| 08Х13 (0Х13, ЭИ 496) | 217 | 212 | 206 | 198 | 189 | 180 | — | — | — | — |
| 12Х13 (1Х13) | 217 | 212 | 206 | 198 | 189 | 180 | — | — | — | — |
| 20Х13 (2Х13) | 218 | 214 | 208 | 200 | 189 | 181 | 169 | — | — | — |
| 30Х13 (3Х13) | 216 | 212 | 206 | 196 | 187 | 177 | 166 | — | — | — |
| 40Х13 (4Х13) | 214 | 208 | 202 | 194 | 185 | 173 | 160 | — | — | — |
| 12Х13Г12АС2Н2 (ДИ 50) | 188 | — | 185 | — | 159 | — | 142 | — | — | — |
| 10Х13Г12БС2Н2Д2Б (ДИ 59) | 195 | 192 | 185 | 177 | 166 | 160 | 150 | 141 | 137 | — |
| 03Х13Н8Д2ТМ (ЭП 699) | 195 | 191 | 187 | 182 | 171 | — | — | — | — | — |
| 08Х14МФ | 222 | 219 | 213 | 203 | 195 | 183 | 175 | — | — | — |
| 10Х14Г14Н4Т (Х14Г14Н3Т, ЭИ 711) | 194 | 189 | 181 | 170 | 164 | 159 | 161 | — | — | — |
| 1Х14Н14В2М (ЭИ 257) | 198 | — | — | — | — | 168 | 160 | — | — | — |
| 45Х14Н14В2М (ЭИ 69) [17] | 212 | 200 | 194 | 185 | 176 | 169 | 160 | 152 | 144 | — |
| 09Х14Н19В2БР (ЭИ 695Р) [5] | 207 | — | — | — | — | — | 158 | 151 | 147 | — |
| 09Х14Н19В2БР1 (ЭИ 726) | 198 | 195 | 189 | 182 | 175 | 166 | 157 | 149 | — | — |
| 08Х15Н2В4ТР (ЭП 164) [5] | 223 | 215 | 209 | 200 | 191 | 182 | 173 | 165 | 156 | — |
| 07Х16Н6 (Х16Н6, ЭП 288) | 199 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08Х16Н9М2 (Х16Н9М2) | 210 | 198 | 188 | 180 | 172 | 157 | 153 | 143 | 138 | — |
| 08Х16Н13М2Б (ЭИ 405, ЭИ 680) | 202 | 196 | 188 | 180 | 171 | 164 | 155 | 147 | — | — |
| 10Х16Н14В2БР (1Х16Н14В2БР, ЭП 17) | 188 | 181 | 174 | 166 | 158 | 151 | 145 | 136 | — | — |
| 08Х17Т (0Х17Т, ЭИ 645) | 206 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12Х17 (Х17, ЭЖ 17) | 232 | 227 | 219 | 211 | 201 | 192 | 182 | 165 | 148 | — |
| 14Х17Н2 (1Х17Н2, ЭИ 268) | 193 | — | — | 164 | — | 148 | 133 | — | — | — |
| 02Х17Н11М2 | 200 | — | — | — | 170 | — | 150 | — | 135 | — |
| 08Х17Н13М2Т (0Х17Н13М2Т) | 206 | — | 186 | 177 | 177 | 167 | 157 | 147 | — | — |
| 10Х17Н13М2Т (Х17Н13М2Т, ЭИ 448) | 206 | — | 186 | 177 | 177 | 167 | 157 | 147 | — | — |
| 10Х17Н13М3Т (Х17Н13М3Т, ЭИ 432) | 206 | — | 186 | 177 | 177 | 167 | 157 | 147 | — | — |
| 03Х17Н14М3 (000Х17Н13М2) | 195 | — | — | 190 | — | — | — | — | — | — |
| 08Х17Н15М3Т (ЭИ 580) | 203 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 015Х18М2Б-ВИ (ЭП 882-ВИ) | 216 | 212 | 206 | 198 | 185 | 179 | 163 | 144 | — | — |
| 12Х18Н9 (Х18Н9) | 199 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12Х18Н9Т (Х18Н9Т) | 195 | 189 | 182 | 175 | 167 | 160 | 153 | 143 | 135 | — |
| 17Х18Н9 (2Х18Н9) | 199 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08Х18Н10 (0Х18Н10) | 196 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08Х18Н10Т (0Х18Н10Т, ЭИ 914) [4] | 196 | — | — | — | 158 | 128 | 127 | 117 | 108 | 102 |
| 12Х18Н10Т [4] | 198 | 194 | 189 | 181 | 174 | 166 | 157 | 147 | — | — |
| 12Х18Н12Т (Х18Н12Т) | 210 | 198 | 193 | 186 | 177 | 170 | 157 | 147 | — | — |
| 10Х18Н18Ю4Д (ЭП 841) | 186 | 182 | 178 | 171 | 165 | 161 | 156 | 146 | 138 | 127 |
| 36Х18Н25С2 (4Х18Н25С2, ЭЯ 3С) | 200 | — | — | 191 | 186 | 178 | 171 | 162 | 154 | 147 |
| 01Х19Ю3БЧ-ВИ (02Х18Ю3Б-ВИ, ЭП 904-ВИ) | 220 | 216 | 210 | 200 | 192 | 183 | 167 | 152 | — | — |

Продолжение таблицы 4

| Марка стали, сплава | Модуль нормальной упругости E, кН/мм ² , при температуре, °С | | | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| 31X19H9MBBT (ЭИ 572) | 201 | — | — | 186 | 181 | 176 | 167 | 157 | — | — |
| 08X21H6M2T (0X21H6M2T, ЭП 54) | 196 | 196 | 185 | 178 | 169 | 164 | — | — | — | — |
| 02X22H5AM3 | 200 | 194 | 186 | 180 | — | — | — | — | — | — |
| 08X22H6T (0X22H5T, ЭП 53) | 203 | 201 | 193 | 181 | 165 | 162 | 154 | 141 | 139 | — |
| 20X23H13 (X23H13, ЭИ 319) | 207 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20X23H18 (X23H18, ЭИ 417) | 200 | — | — | 182 | 176 | 170 | 160 | 150 | 141 | — |
| 03X24H6AM3 (ЗИ 130) | 200 | 196 | 185 | 180 | 171 | — | — | — | — | — |
| 15X25T (X25T, ЭИ 439) | 204 | 200 | 197 | 189 | 176 | 164 | 140 | 124 | 119 | 109 |
| 12X25H16Г7АР (ЭИ 835) | 193 | 186 | 178 | 171 | 163 | 156 | 147 | 138 | 131 | 127 |
| 20X25H20C2 (X25H20C2, ЭИ 283) | 195 | 192 | 186 | 185 | 180 | 175 | 150 | 140 | 130 | 120 |
| 03H18K9M5T | 185 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| У8, У8А | 209 | 205 | 199 | 192 | 185 | 175 | 166 | — | — | — |
| У9, У9А | 209 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| У12, У12А | 209 | 205 | 200 | 193 | 185 | 178 | 166 | — | — | — |
| 9ХС | 190 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| P9 | 220 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| P12 | 223 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20Л | 201 | 196 | 188 | 183 | 173 | 165 | 152 | 132 | 120 | — |
| 35Л | 212 | 206 | 201 | 192 | 176 | 163 | 151 | 131 | 118 | — |
| 50Л | 219 | 214 | 208 | 196 | 178 | 170 | 155 | 136 | 122 | — |
| 20ГЛ | 204 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 110Г13Л | 204 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08ГДНФЛ | 212 | 206 | 201 | 189 | 177 | 167 | 155 | 137 | 127 | — |
| 32Х06Л | 216 | 211 | 207 | 195 | 178 | 174 | 166 | 141 | 131 | — |
| 40ХЛ | 219 | 216 | 210 | 204 | 185 | 176 | 164 | 143 | 132 | — |
| 20ХМФЛ | 197 | 192 | 187 | 182 | 178 | 171 | 163 | 155 | — | — |
| 35ХМЛ | 215 | 212 | 207 | 203 | 192 | 179 | 166 | 141 | 130 | — |
| 35ХГСЛ | 215 | 211 | 203 | 196 | 184 | 174 | 164 | 143 | 125 | — |
| 20Х5МЛ | 211 | — | — | — | 178 | 145 | 102 | — | — | — |
| 15Х11МФБЛ (1Х11МФБЛ, Х11ЛА) | 210 | — | 202 | 195 | 187 | 178 | 162 | — | — | — |
| 10Х12НДЛ | 217 | 216 | 212 | 204 | 198 | 188 | 179 | 164 | — | — |
| 20Х12ВНМФЛ (15Х12ВНМФЛ, Х11ЛБ, ЭИ 802Л) | 210 | — | 202 | 195 | 187 | 178 | 162 | — | — | — |
| 20Х13Л [4] | 222 | 216 | 211 | 203 | 196 | 184 | 167 | 149 | 140 | — |
| 10Х13Н3М1Л | 215 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10Х18Н9Л | 170 | 143 | 135 | 127 | 120 | — | — | — | — | — |
| 12Х18Н9ТЛ [4] | 194 | 189 | 176 | 165 | 149 | 138 | 133 | 125 | 112 | — |
| 06ХН28МДТ (0X23H28M3Д3Т, ЭИ 943) | — | 191 | 186 | 179 | 171 | 161 | 156 | 151 | 145 | — |
| ХН32Т (ЭП 670) | 205 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД | 198 | 195 | 190 | 186 | 179 | 177 | 166 | 158 | — | — |
| ХН35ВТК (ЭИ 612К) | 198 | 184 | 175 | — | 171 | 164 | 159 | 141 | — | — |
| ХН35ВТЮ (ЭИ 787) | 214 | 207 | 199 | 195 | 189 | 181 | 170 | 163 | 149 | — |
| ХН35ВТР (ЭИ 725) | 206 | — | 186 | — | 177 | 167 | 167 | 157 | 157 | — |
| 36НХТЮ8М | 210 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ХН45Ю (ЭП 747) | 207 | 201 | 192 | 187 | 178 | 171 | 156 | 148 | 124 | 120 |
| 06ХН46Б (Х20Н46Б, ЭП 350) | — | 175 | 173 | 168 | 164 | 157 | 151 | 147 | — | — |
| 05ХН46МВБЧ (ДИ 65) | 207 | 203 | 196 | 190 | 183 | 177 | 170 | 163 | 154 | 144 |
| ХН55ВМТКЮ (ЭИ 929), ХН55ВМТКЮ-ВД (ЭИ 929-ВД) | 218 | — | — | — | — | — | — | 181 | 172 | 163 |
| ХН59ВГ-ИД (ЭК 82-ИД) | 217 | 214 | 208 | 203 | 196 | 191 | 189 | 180 | 172 | 166 |

Таблица 5. Модуль упругости при сдвиге кручением G , кН/мм² [1, 42]

| Марка стали, сплава | Модуль упругости при кручении G , кН/мм ² , при температуре, °С | | | | | | | | |
|------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 |
| Ст5пс | 81 | 80 | 77 | 74 | 71 | 67 | 62 | — | — |
| Ст5сп | 81 | 80 | 77 | 74 | 71 | 67 | 62 | — | — |
| Ст6пс | 82 | 80 | 77 | 74 | 71 | 67 | 62 | — | — |
| Ст6сп | 82 | 80 | 77 | 74 | 71 | 67 | 62 | — | — |
| 10 | 78 | 77 | 76 | 73 | 69 | 66 | 59 | — | — |
| 15 | 83 | 78 | 77 | 74 | 71 | 68 | 63 | — | — |
| 15кп | 83 | 80 | 77 | 74 | 71 | 68 | 63 | — | — |
| 20 | 78 | 77 | 76 | 73 | 69 | 66 | 59 | — | — |
| 25 | 81 | 80 | 76 | 73 | 70 | 66 | 61 | — | — |
| 30 | 78 | 77 | 76 | 73 | 69 | 66 | 59 | — | — |
| 40 | 82 | 80 | 78 | 75 | 68 | 63 | 58 | 50 | 45 |
| 45 | 78 | — | — | 69 | — | 59 | — | — | — |
| 50 | 88 | 87 | 84 | 81 | 71 | 67 | 61 | 54 | 49 |
| 75 | 78 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 85 | 76 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15К | 78 | 77 | 76 | 73 | 69 | 66 | 59 | — | — |
| 20К [17] | 80 | 79 | 78 | 74 | 70 | 68 | 60 | — | — |
| 22К [17] | 82 | 80 | — | 74 | — | 63 | — | — | — |
| 50Г | 84 | 83 | 81 | 77 | 73 | 68 | 62 | 55 | 50 |
| 45Г2 | 83 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 50Г2 | 83 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15Х | 83 | 82 | 76 | 74 | 71 | 67 | 63 | 55 | 50 |
| 20Х | 84 | 83 | 76 | 74 | 71 | 67 | 62 | 55 | 50 |
| 30Х | 83 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 35Х | 83 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 38ХА | 83 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 40Х | 85 | 83 | 81 | 78 | 71 | 68 | 63 | 55 | 50 |
| 45Х | 78 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 50Х | 78 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08ГДНФ | 83 | 81 | 78 | 73 | 67 | 64 | 59 | 52 | 48 |
| 09Н2МФБА-А | 82 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 35ХМ | 82 | 83 | — | 75 | — | 66 | — | — | — |
| 38ХС | 84 | 80 | 78 | 72 | 68 | 65 | 62 | 55 | 48 |
| 14ХГС | 77 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 30ХГС, 30ХГСА | 84 | 82 | 79 | 75 | 71 | 66 | 62 | 54 | 47 |
| 35ХГСА | 84 | 82 | 79 | 76 | 71 | 66 | 62 | 54 | 47 |
| 18ХГТ | 84 | 80 | 77 | 75 | 68 | 66 | 59 | 52 | 49 |
| 30ХГТ | 83 | 79 | 76 | 74 | 67 | 66 | 61 | 53 | 51 |
| 15Х1М1Ф | 87 | 84 | 82 | 79 | 76 | 71 | 66 | 61 | — |

Таблица 6. Плотность γ , кг/м³ [1, 42]

| Марка стали, сплава | Плотность γ , кг/м ³ , при температуре, °С | | | | | | | | | |
|------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| Ст3сп | 7820 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08 | 7871 | 7846 | 7814 | 7781 | 7745 | 7708 | 7668 | 7628 | 7598 | 7602 |
| 08кп | 7871 | 7846 | 7814 | 7781 | 7745 | 7708 | 7668 | 7628 | 7598 | 7602 |
| 10 | 7856 | 7832 | 7800 | 7765 | 7730 | 7692 | 7653 | 7613 | 7582 | 7598 |
| 10кп | 7856 | 7832 | 7800 | 7765 | 7730 | 7692 | 7653 | 7613 | 7582 | 7594 |
| 15 | 7850 | 7827 | 7794 | 7759 | 7724 | 7687 | 7648 | 7611 | 7599 | 7584 |
| 15кп | 7850 | 7827 | 7794 | 7759 | 7724 | 7687 | 7648 | 7611 | 7599 | 7584 |
| 20 | 7859 | 7834 | 7803 | 7770 | 7736 | 7699 | 7659 | 7617 | 7624 | 7600 |
| 20кп | — | 7834 | 7803 | 7770 | 7736 | 7699 | 7659 | 7617 | 7624 | 7600 |
| 25 | 7820 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 30 | 7850 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 35 | 7826 | 7804 | 7771 | 7737 | 7700 | 7662 | 7623 | 7583 | 7600 | 7549 |
| 40 | 7850 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 45 | 7826 | 7799 | 7769 | 7739 | 7698 | 7662 | 7625 | 7587 | 7595 | — |
| 50 | 7810 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 55 | 7820 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 60 | 7800 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15К | 7850 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20К [17] | 7850 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| A12 | 7830 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15Г | 7810 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20Г | 7820 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 30Г | 7810 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 40Г | 7810 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 50Г | 7810 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 16ГС | 7850 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10Г2 | 7790 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 35Г2 | 7790 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 40Г2 | 7800 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 45Г2 | 7810 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 50Г2 | 7500 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15Х | 7830 | 7810 | 7780 | — | 7710 | — | 7640 | — | — | — |
| 20Х | 7830 | 7810 | 7780 | — | 7710 | — | 7640 | — | — | — |
| 30Х | 7820 | 7800 | 7770 | 7740 | 7700 | 7670 | 7630 | 7590 | 7610 | 7560 |
| 38ХА | 7850 | — | 7800 | — | — | — | 7650 | — | — | — |
| 40Х | 7850 | — | 7800 | — | — | 7650 | — | — | — | — |
| 45Х | 7820 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 50Х | 7820 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12МХ | 7850 | 7830 | 7800 | 7760 | 7730 | 7690 | 7650 | 7610 | — | — |

Таблица 7. Удельное электрическое сопротивление ρ , нОм·м [1, 42]

| Марка стали, сплава | Удельное электрическое сопротивление ρ , нОм·м, при температуре, °С | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| 08 | — | 178 | 252 | 341 | 448 | 575 | 725 | 898 | 1073 | 1124 |
| 08кп | 147 | 178 | 252 | 341 | 448 | 575 | 725 | 898 | 1073 | 1124 |
| 10 | — | 190 | 263 | 352 | 458 | 584 | 734 | 905 | 1081 | 1130 |
| 15 | — | 233 | 296 | 387 | 487 | 607 | 753 | 904 | 1092 | 1140 |
| 20 | — | 219 | 292 | 381 | 487 | 601 | 758 | 925 | 1094 | 1135 |
| 25 | 169 | 219 | 292 | 381 | 488 | 601 | 758 | 925 | — | — |
| 35 | — | 251 | 321 | 408 | 511 | 629 | 759 | 922 | 1112 | 1156 |
| 50 | 272 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20К [17] | — | 240 | 300 | 400 | 500 | 640 | 760 | 870 | — | — |
| 22К [17] | 160 | 221 | 296 | 389 | 493 | 619 | 766 | 932 | 1100 | 1150 |
| 17Г1СУ | 200 | 240 | 300 | 360 | 440 | 540 | 620 | 750 | 880 | 910 |
| 30Х | 210 | 259 | 330 | 417 | 517 | 636 | 778 | 934 | 1106 | 1145 |
| 38ХА | 290 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 40Х | 278 | 324 | 405 | 555 | 717 | 880 | 1100 | 1330 | — | — |
| 12МХ | — | 240 | 330 | 410 | 540 | 640 | 740 | 900 | — | — |
| 20ХМ | 245 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 30ХМ, 30ХМА | 230 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15ХФ | — | 281 | 345 | 421 | 513 | 606 | 731 | 833 | — | — |
| 25ХГСА | 306 | 338 | 415 | 501 | 573 | 660 | 830 | 1000 | 1100 | — |
| 30ХГС, 30ХГСА | 210 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12Х1МФ (ЭИ 575) | 323 | 370 | 438 | 518 | 612 | 718 | 835 | 977 | — | — |
| 25Х1М1Ф (Р2, Р2МА) | 233 | 283 | 349 | 428 | 519 | 633 | 746 | 862 | — | — |
| 20Х1М1Ф1ТР (ЭП 182) | 260 | 309 | 371 | 444 | 534 | 645 | 769 | 919 | 1109 | — |
| 12ХН2 | 330 | 360 | 430 | 520 | 590 | 670 | — | — | 1050 | 1120 |
| 40ХН2МА (40ХНМА) | 331 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 30ХН2МФА (30ХН2ВФА) | 333 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20ХН3А | 270 | 300 | 350 | 450 | 550 | 650 | — | — | — | — |
| 30ХН3А | 268 | 317 | 387 | 469 | 567 | 681 | 817 | 981 | — | — |
| 38ХН3МА | 292 | 317 | 338 | 425 | 506 | 602 | 742 | 890 | 1100 | — |
| 38ХН3МФА | 300 | 321 | 365 | 437 | 516 | 613 | 750 | 897 | 1080 | — |
| 20ХН4ФА | 360 | 410 | 480 | 560 | 640 | 720 | — | 1020 | 1120 | 1180 |
| 25Х2М1Ф (ЭИ 723) | 270 | 360 | 420 | 500 | 590 | 710 | 840 | 970 | — | — |
| 36Х2Н2МФА (36ХН1МФА) | 278 | 335 | 432 | 517 | 613 | 720 | 825 | 940 | — | — |
| 38Х2Н2МА (38ХНМА) | 322 | 398 | 482 | 592 | 740 | 910 | 1090 | 1300 | — | — |
| 20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579) | — | 398 | 465 | 544 | 640 | 743 | 859 | 982 | — | — |
| 15Х5М (12Х5МА, Х5М) | 430 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 50ХФА | 320 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ШХ15 | — | 390 | 470 | 520 | — | — | — | — | — | — |
| 40Х10С2М (4Х10С2М, ЭИ 107) | — | 906 | 958 | 1010 | 1062 | 1114 | 1166 | 1216 | — | — |
| 12Х11В2МФ (типа ЭИ 756) | 1050 | 630 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 18Х11МНФБ (2Х11МФБН, ЭП 291) | 621 | 667 | 730 | 801 | 874 | 952 | 1026 | 1101 | — | — |
| 03Х11Н10М2Т | 910 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 06Х12Н3Д | 655 | 720 | 779 | 835 | 897 | — | — | — | — | — |
| 37Х12Н8Г8МФБ (ЭИ 481) | 740 | 850 | 900 | 950 | 1010 | 1100 | 1150 | 1200 | — | — |
| 08Х13 (0Х13, ЭИ 496) | 506 | 584 | 679 | 769 | 854 | 938 | 1021 | 1103 | — | — |
| 12Х13 (1Х13) | 506 | 584 | 679 | 769 | 854 | 938 | 1021 | 1103 | — | — |
| 20Х13 (2Х13) | 588 | 653 | 730 | 800 | 884 | 952 | 1022 | 1102 | — | — |
| 30Х13 (3Х13) | 522 | 595 | 684 | 769 | 858 | 935 | 1015 | 1099 | — | — |

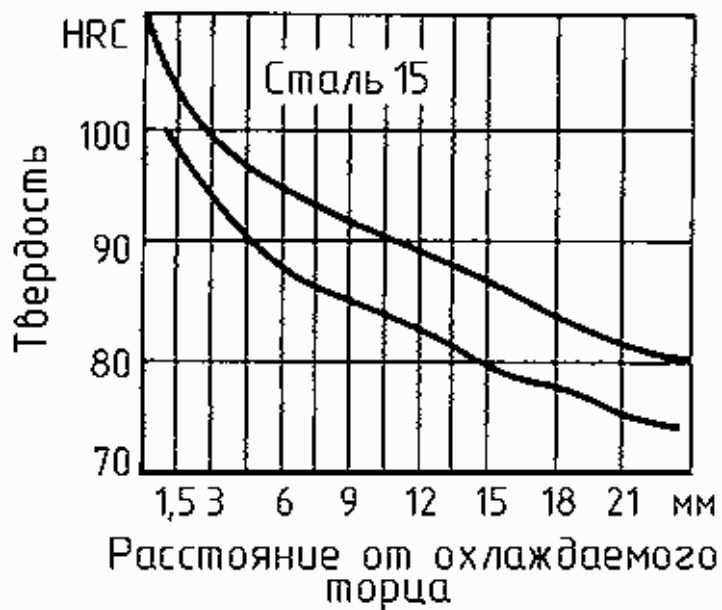
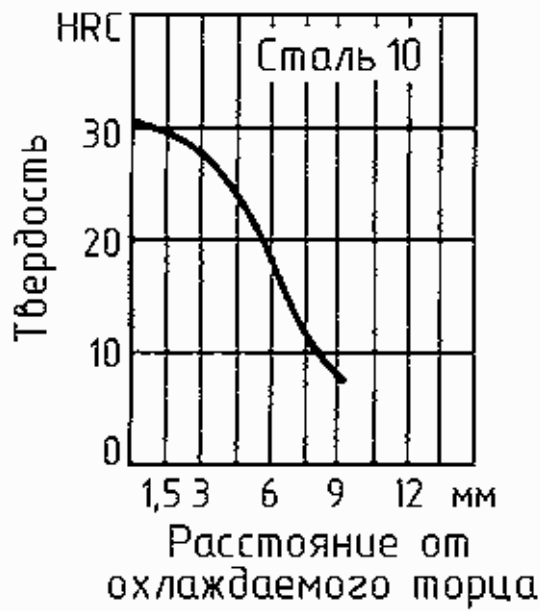
Продолжение таблицы 7

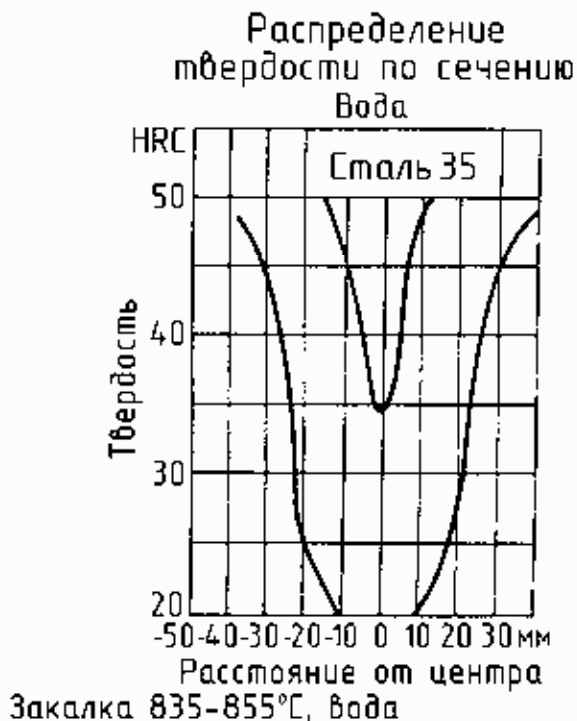
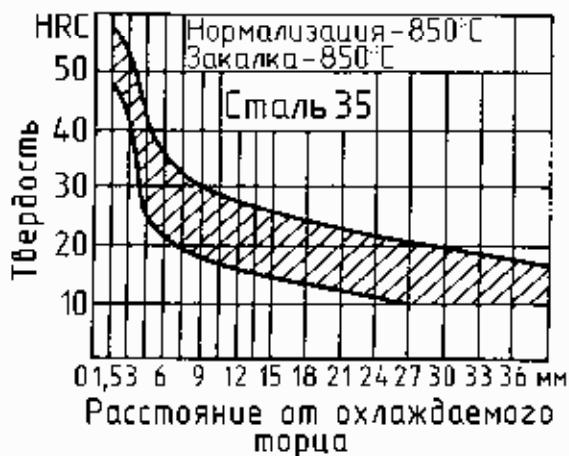
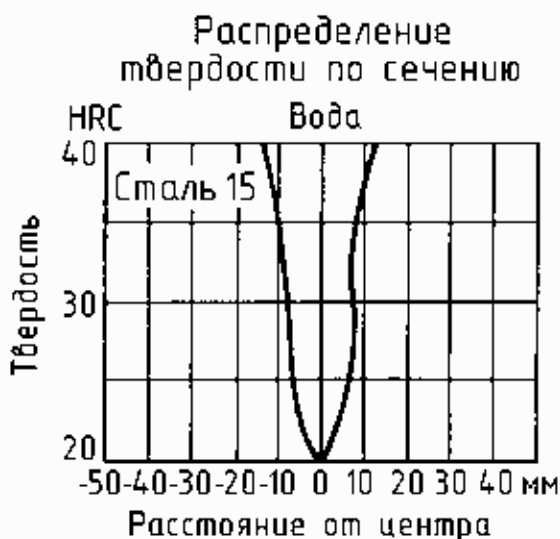
| Марка стали, сплава | Удельное электрическое сопротивление ρ , нОм·м, при температуре, °С | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| 40X13 (4X13) | — | 786 | 830 | 890 | 950 | 998 | 1046 | 1122 | — | — |
| 08X14MФ | 557 | 649 | 750 | 882 | 914 | 985 | 1056 | — | — | — |
| 1X14H14B2M (ЭИ 257) | — | 830 | 890 | 950 | 1010 | 1050 | 1080 | 1130 | — | — |
| 45X14H14B2M (ЭИ 69) [17] | 815 | 875 | 945 | 1000 | 1055 | 1100 | 1140 | 1175 | — | — |
| 09X14H16Б (ЭИ 694) | 774 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 09X14H19B2БР (ЭИ 695Р) [5] | 816 | 873 | 934 | 988 | 1036 | 1078 | 1114 | 1115 | 1117 | 1198 |
| 09X14H19B2БР1 (ЭИ 726) | 848 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 07X16H6 (X16H6, ЭП 288) | 836 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08X16H13M2Б (ЭИ 405, ЭИ 680) | — | 886 | 910 | 1008 | 1050 | 1090 | 1120 | 1150 | — | — |
| 10X16H14B2БР | — | 833 | 925 | 961 | 990 | 1063 | 1086 | — | — | — |
| (1X16H14B2БР, ЭП 17) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| X16H16MB2БР (ЭП 184) | 820 | 870 | 934 | 980 | 1031 | 1075 | 1111 | — | — | — |
| 08X17Т (0X17Т, ЭИ 645) | 600 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12X17 (X17, ЭЖ 17) | 560 | 610 | 680 | 770 | 850 | 950 | 1030 | 1110 | 1150 | 1160 |
| 14X17H2 (1X17H2, ЭИ 268) | 720 | 780 | 840 | 890 | 990 | 1040 | 1110 | 1130 | 1160 | 1170 |
| 08X17H13M2Т (0X17H13M2Т) | 750 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10X17H13M2Т | 750 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| (X17H13M2Т, ЭИ 448) | 750 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10X17H13M3Т (X17H13M3Т, ЭИ 432) | 750 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 03X17H14M3 (000X17H13M2) | 730 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08X17H15M3Т (ЭИ 580) | 750 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12X18H9 (X18H9) | — | 743 | 819 | 891 | 951 | 1001 | 1048 | 1098 | 1140 | — |
| 12X18H9Т (X18H9Т) | 725 | 792 | 861 | 920 | 976 | 1028 | 1075 | 1117 | 1149 | 1176 |
| 17X18H9 (2X18H9) | 720 | 735 | 855 | 925 | 975 | 1031 | 1080 | 1115 | 1150 | 1185 |
| 08X18H10 (0X18H10) | 800 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08X18H10Т (0X18H10Т, ЭИ 914) | 725 | 792 | 861 | 920 | 976 | 1028 | 1075 | 1117 | — | — |
| 12X18H10Т | 761 | 800 | 865 | 930 | 982 | 1035 | 1070 | 1120 | 1115 | 1121 |
| 12X18H12Т (X18H12Т) | 725 | 792 | 861 | 920 | 976 | 1028 | 1075 | 1117 | — | — |
| 31X19H9MBТ (ЭИ 572) | — | 850 | 900 | 980 | 1020 | 1080 | 1100 | 1150 | — | — |
| 20X20H14C2 (X20H14C2, ЭИ 211) | 946 | 1000 | 1051 | 1095 | 1100 | 1130 | 1194 | 1218 | 1242 | 1242 |
| 08X21H6M2Т (0X21H6M2Т, ЭП 54) | 700 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 08X22H6Т (0X22H5Т, ЭП 53) | 740 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20X23H18 (X23H18, ЭИ 417) | 1000 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 03X24H6AM3 (ЗИ 130) | 700 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15X25Т (X25Т, ЭИ 439) | 710 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12X25H16Г7АР (ЭИ 835) | 1000 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| X27Ю5Т | 1360 | 1365 | 1370 | 1375 | 1380 | 1400 | 1400 | 1410 | 1410 | 1420 |
| 03H18K9M5Т | 605 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| У8, У8А | — | 230 | 305 | 390 | 491 | 625 | 769 | 931 | 1129 | 1165 |
| У9, У9А | — | 253 | 329 | 418 | 525 | 646 | 789 | 943 | 1155 | 1198 |
| У10, У10А | 420 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| У12, У12А | — | 252 | 333 | 430 | 540 | 665 | 802 | 964 | 1152 | 1196 |
| 9ХС | 400 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5ХНМ | — | 300 | 250 | 200 | 160 | — | — | — | — | — |
| 3Х3М3Ф | 314 | 365 | 430 | 515 | 600 | 710 | 835 | 965 | 1118 | 1151 |
| 4Х4ВМФС (ДИ 22) | 436 | 502 | 584 | 667 | 747 | 831 | 916 | 1014 | 1148 | 1202 |
| 4Х5МФ1С (ЭП 572) | 553 | 591 | 649 | 715 | 793 | 879 | 970 | 1077 | 1189 | 1229 |
| Р6М5К5 | 458 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Р9 | 380 | 417 | 505 | 600 | 695 | 790 | 900 | 1020 | 1160 | 1170 |
| Р18 | 419 | 472 | 544 | 627 | 718 | 815 | 922 | 1037 | 1152 | 1173 |

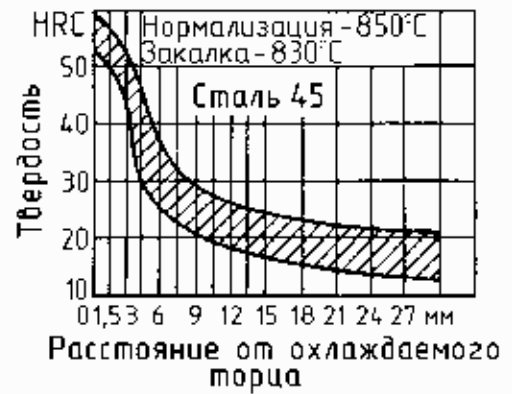
Продолжение таблицы 7

| Марка стали, сплава | Удельное электрическое сопротивление ρ , нОм·м, при температуре, °С | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| 20Л | 170 | 220 | 294 | 385 | 490 | 604 | 761 | 932 | 1101 | 1139 |
| 35Л | 172 | 223 | 301 | 394 | 497 | 623 | 771 | 935 | 1115 | 1154 |
| 40ХЛ | 233 | 270 | 335 | 435 | 540 | 665 | 815 | 975 | 1115 | 1195 |
| 20Х5МЛ | 430 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15Х11МФБЛ (1Х11МФБЛ, Х11ЛА) | — | — | 739 | 806 | 884 | 1000 | 1026 | 1098 | — | — |
| 06Х12Н3ДЛ | 655 | 720 | 779 | 835 | 897 | — | — | — | — | — |
| 20Х13Л | 645 | 695 | 775 | 859 | 931 | 985 | 1055 | 1115 | 1125 | 1160 |
| 12Х18Н9ТЛ [4] | 750 | 813 | 879 | 943 | 1006 | 1031 | 1082 | 1123 | 1152 | 1184 |
| 06ХН28МДТ (0Х23Н28М3Д3Т, ЭИ 943) | 750 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ХН35ВТ (ЭИ 612) | — | 1020 | 1050 | 1100 | 1120 | 1150 | 1160 | 1170 | — | — |
| ХН35ВТК (ЭИ 612К) | — | 1170 | 1180 | 1190 | 1200 | 1220 | 1230 | 1240 | — | — |
| ХН35ВТЮ (ЭИ 787) | 992 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ХН62МБВЮ (ЭП 709) | 1310 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ХН65ВМТЮ (ЭИ 893) | — | — | 1390 | 1410 | 1420 | 1430 | 1410 | 1390 | — | — |
| ХН70ВМЮТ (ЭИ 765) | 1330 | 1340 | 1350 | 1360 | 1360 | 1370 | 1470 | 1480 | — | — |
| ХН75ВМЮ (ЭИ 827) | 1460 | 1490 | 1510 | 1530 | 1550 | 1560 | 1570 | 1590 | — | — |
| ХН77ТЮР (ЭИ 437Б) | 124 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ХН80ТБЮ (ЭИ 607) | — | 820 | 810 | 800 | 790 | 785 | 777 | — | — | — |
| Х15Н60-Н | 1150 | 1170 | 1185 | 1210 | 1230 | 1240 | 1250 | 1250 | 1255 | 1270 |
| ХН65ВКМБЮТЛ (ЭИ 539ЛМУ) | 1340 | 1370 | 1390 | 1420 | 1430 | 1450 | 1460 | 1470 | 1460 | 1440 |
| АМг2 | 48 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| АМг3 | 49 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| АМг5 | 64 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| АМг6 | 68 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| АВ [42] | 370 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ЛОМш70-1-0,05 | 71 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Л63 | 70 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Л68 | 65 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ЛС59-1 | 65 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ЛЖМц59-1-1 | 93 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ЛАМш77-2-0,05 | 68 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| МНЖ5-1 (CuNi5Fe1Mn) | 80 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| МНЖМц30-1-1 | 420 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрА10Ж3Мц2 (БрАЖМц 10-3-1,5) | 190 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрБ2 | 750 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрО5Ц5С5 (БрОЦС5-5-5) | 110 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| БрО10Ф1 (БрОФ10-1) | 213 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ВТ1-0 | 487 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ВТ1-00 | 487 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ВТ5-1 | 1380 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ОТ4 | 1380 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ОТ4-0 | 467 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ОТ4-1 | 1010 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Н-1 (Zr+1%Nb, Э 110, Э 110 о.ч.) [84] | 439 | 547 | 730 | 861 | 972 | 1082 | 1134 | 1192 | 1223 | — |

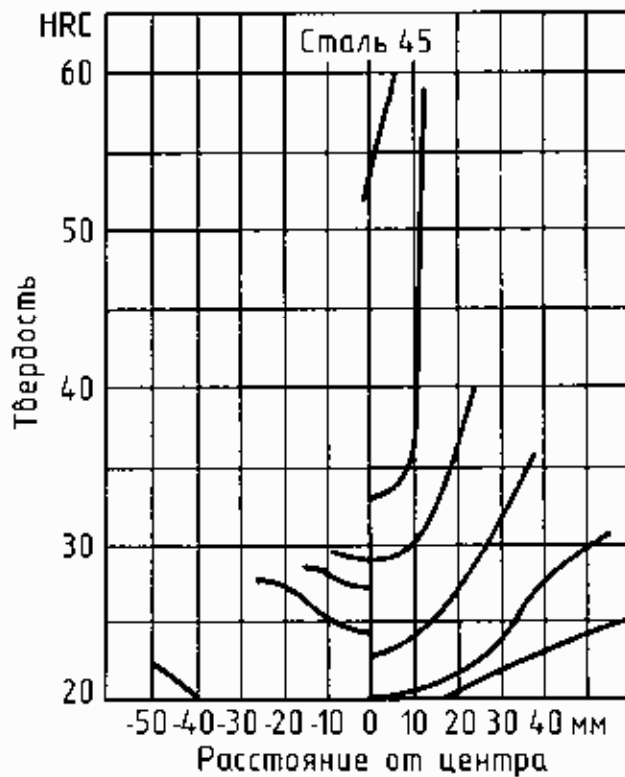
2. ПОЛОСЫ ПРОКАЛИВАЕМОСТИ



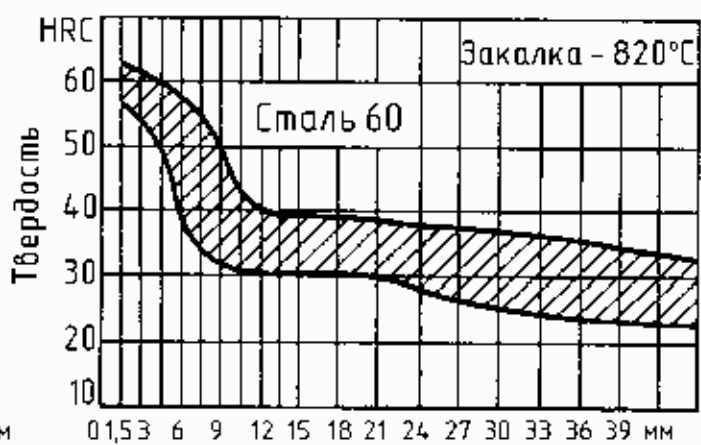
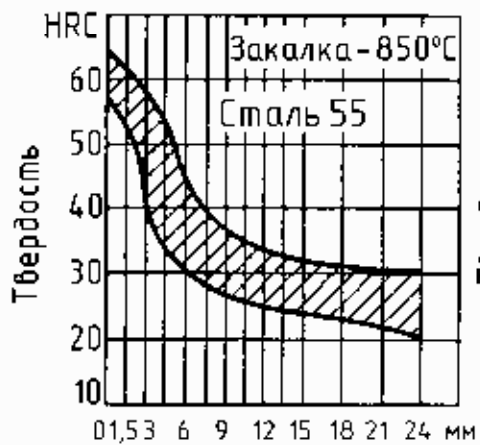
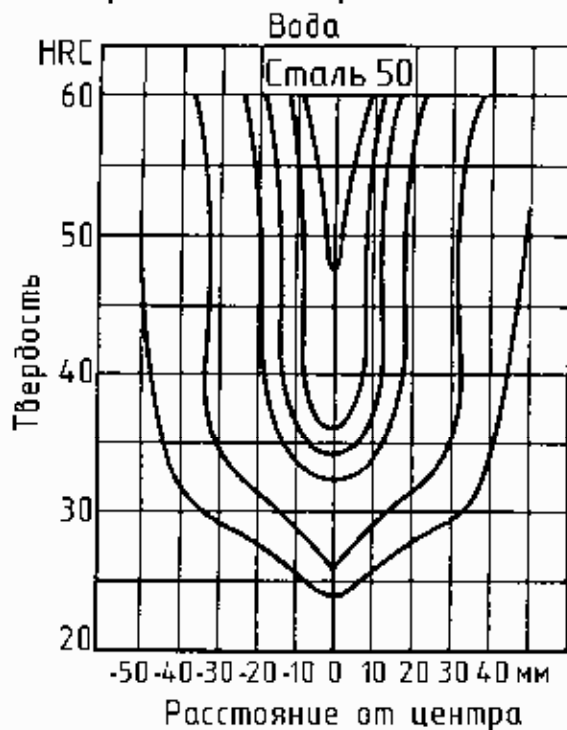
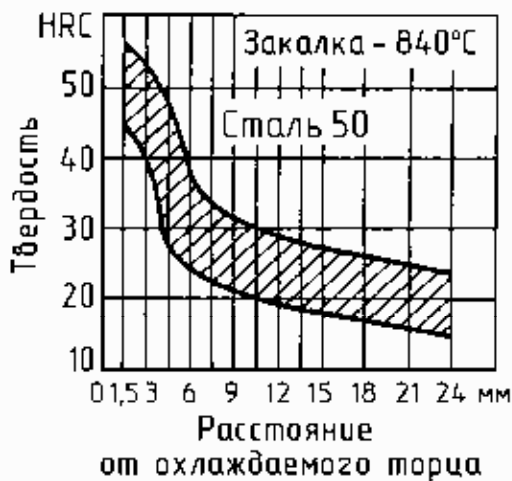




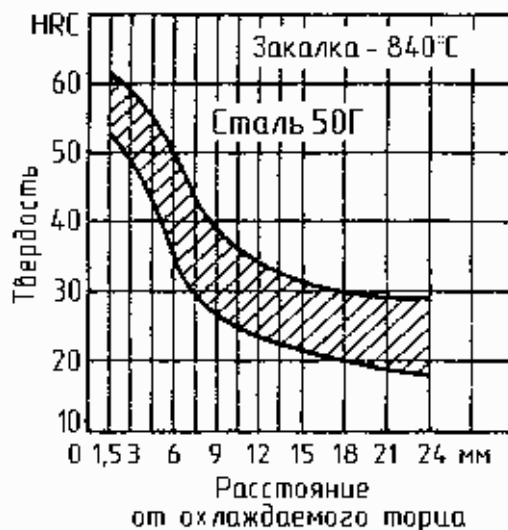
Распределение твердости по сечению
Масло Вода

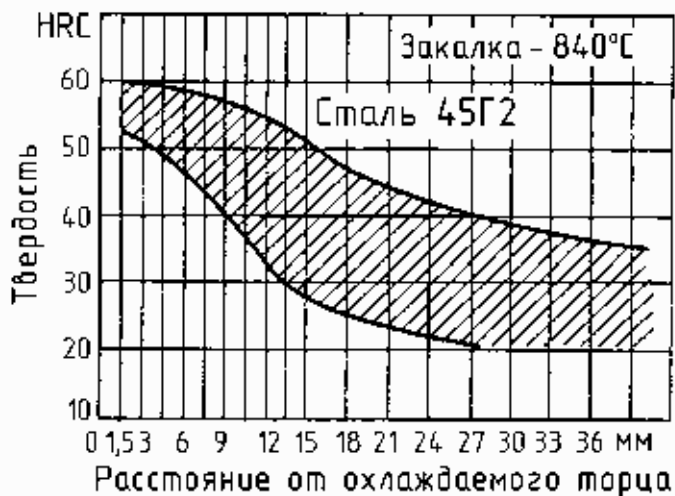
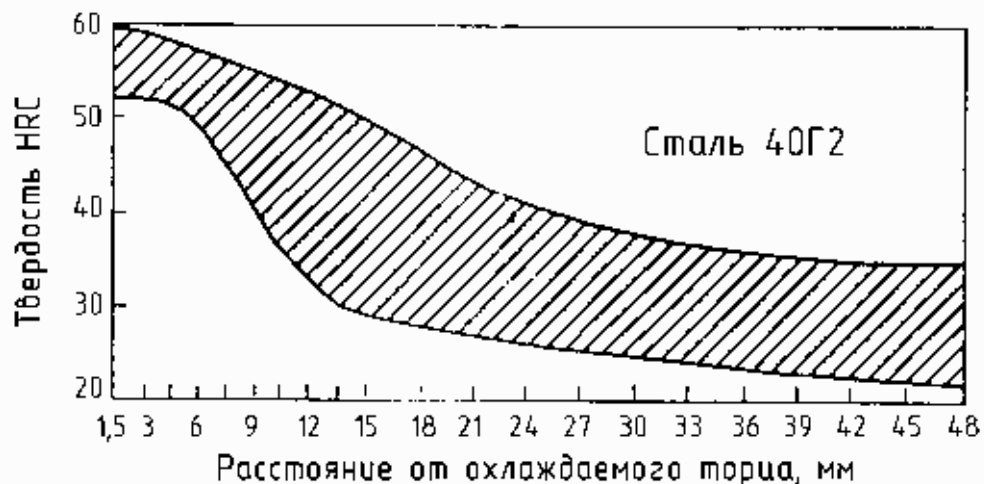


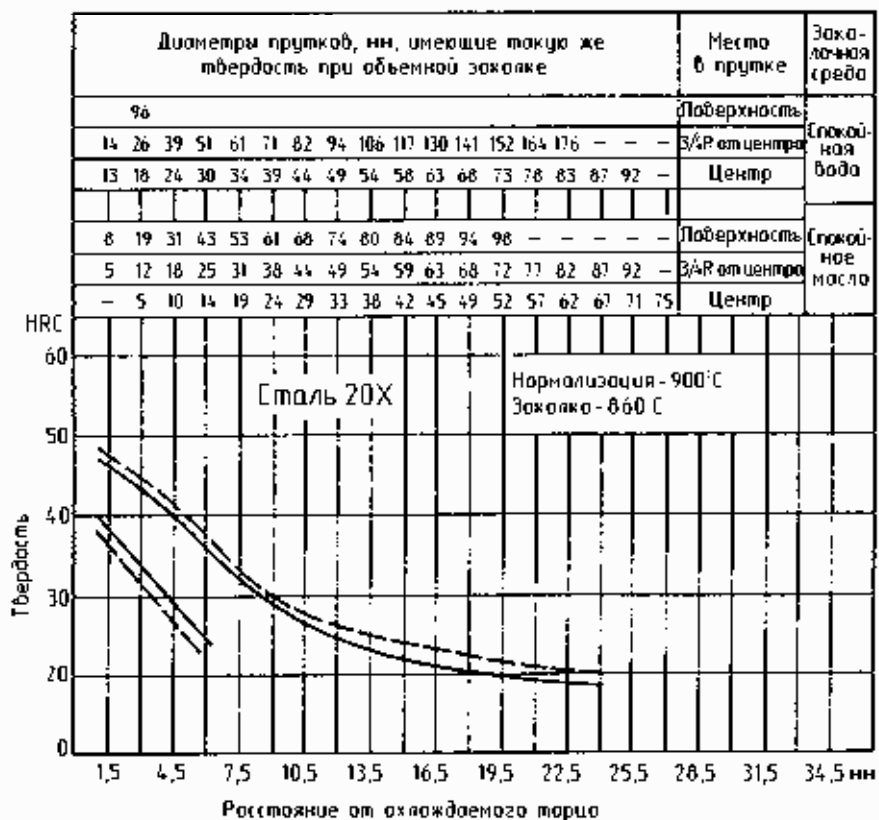
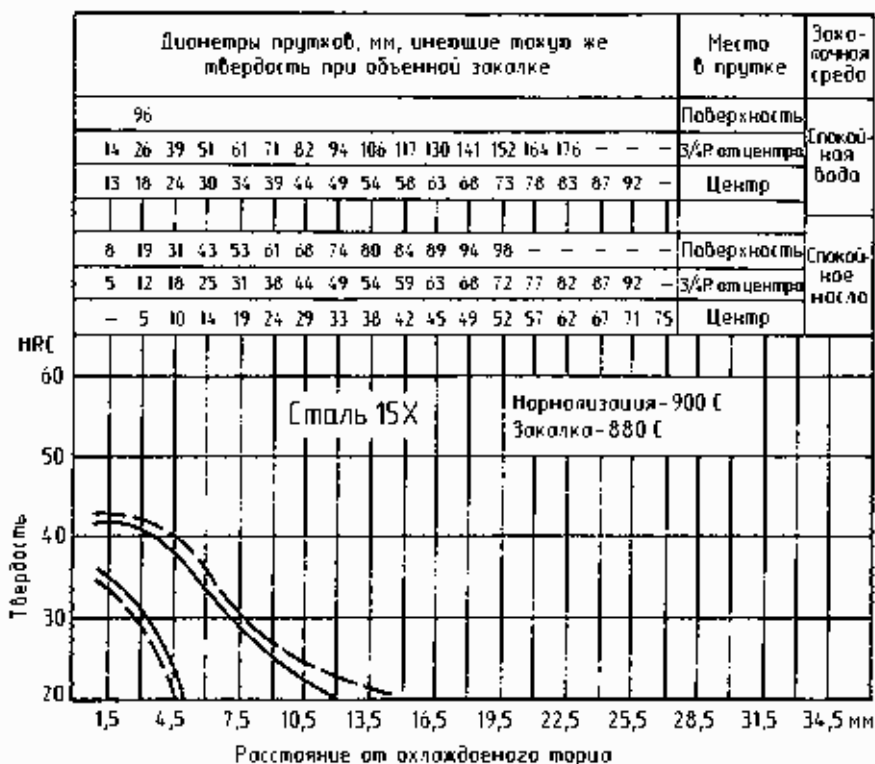
Распределение твердости по сечению

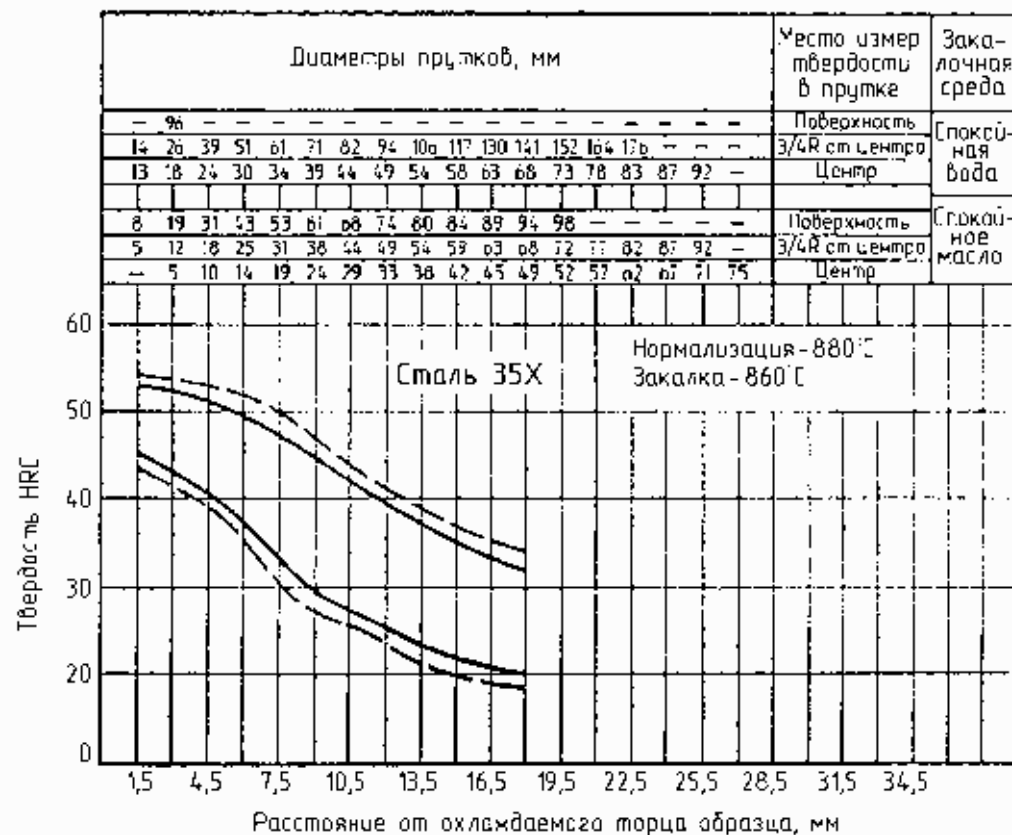
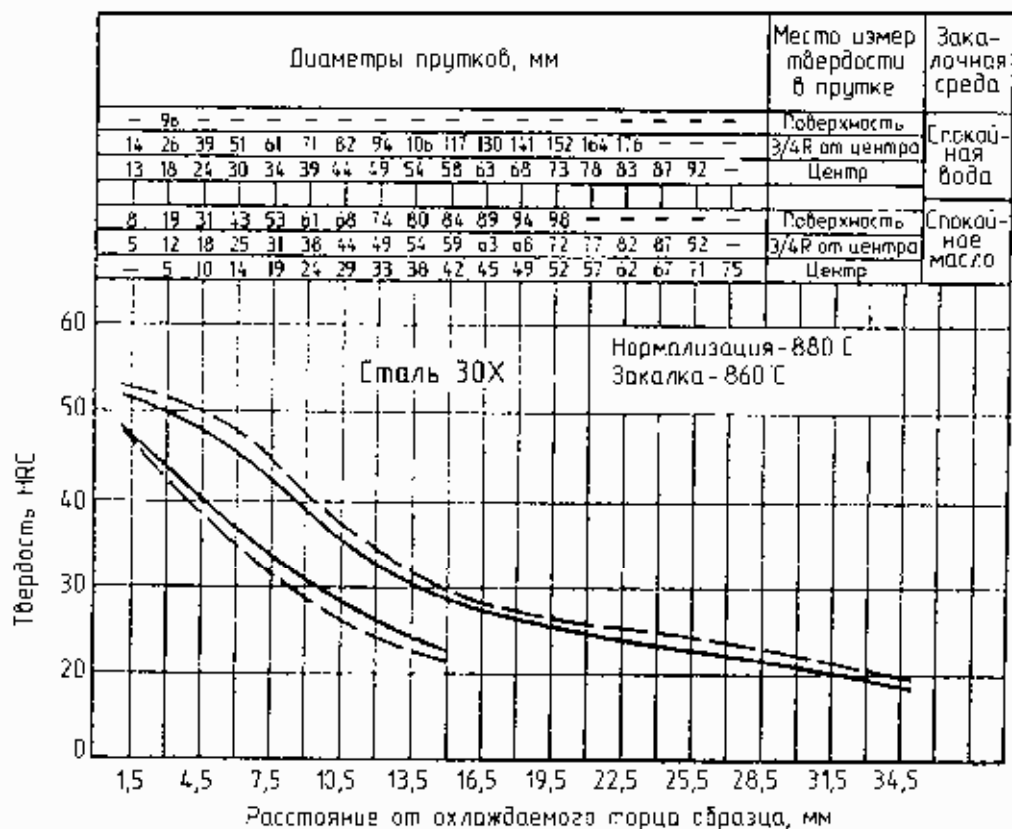


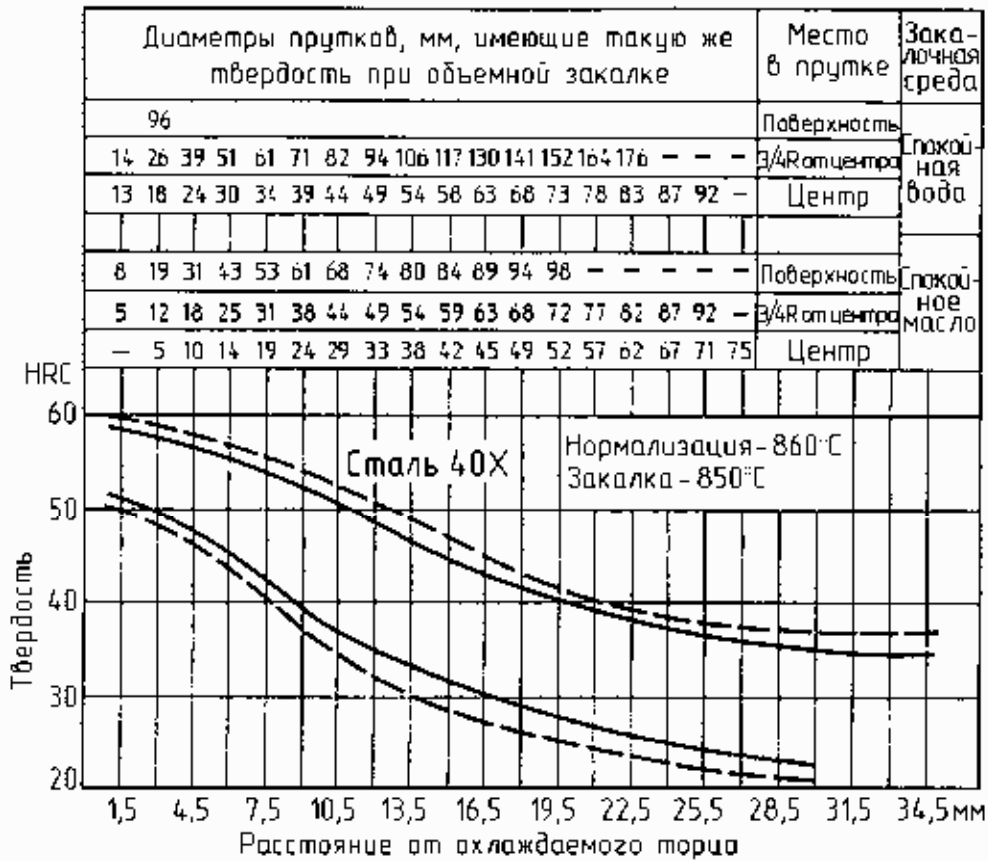
Рассстояние от охлаждаемого торца



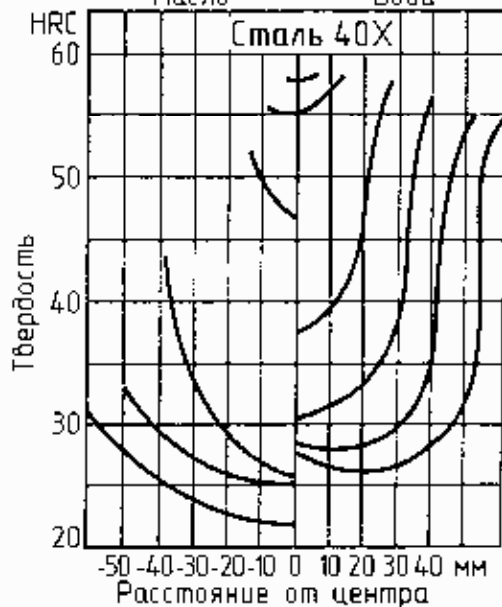




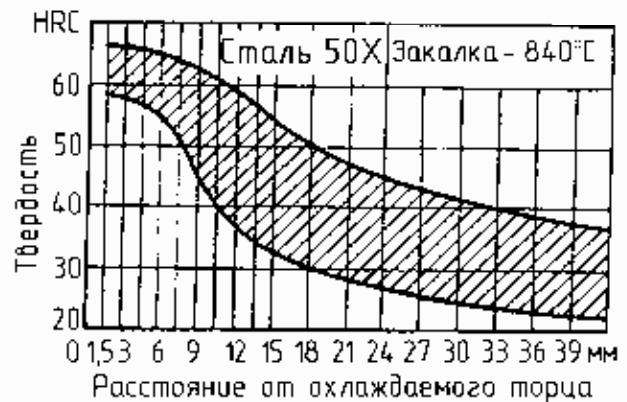


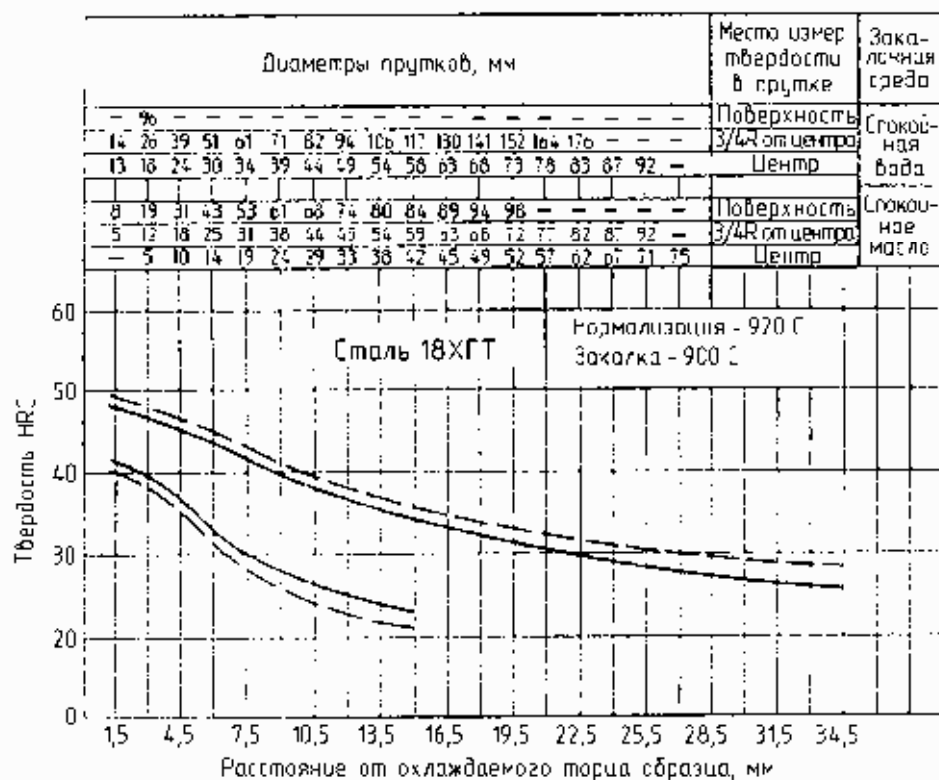
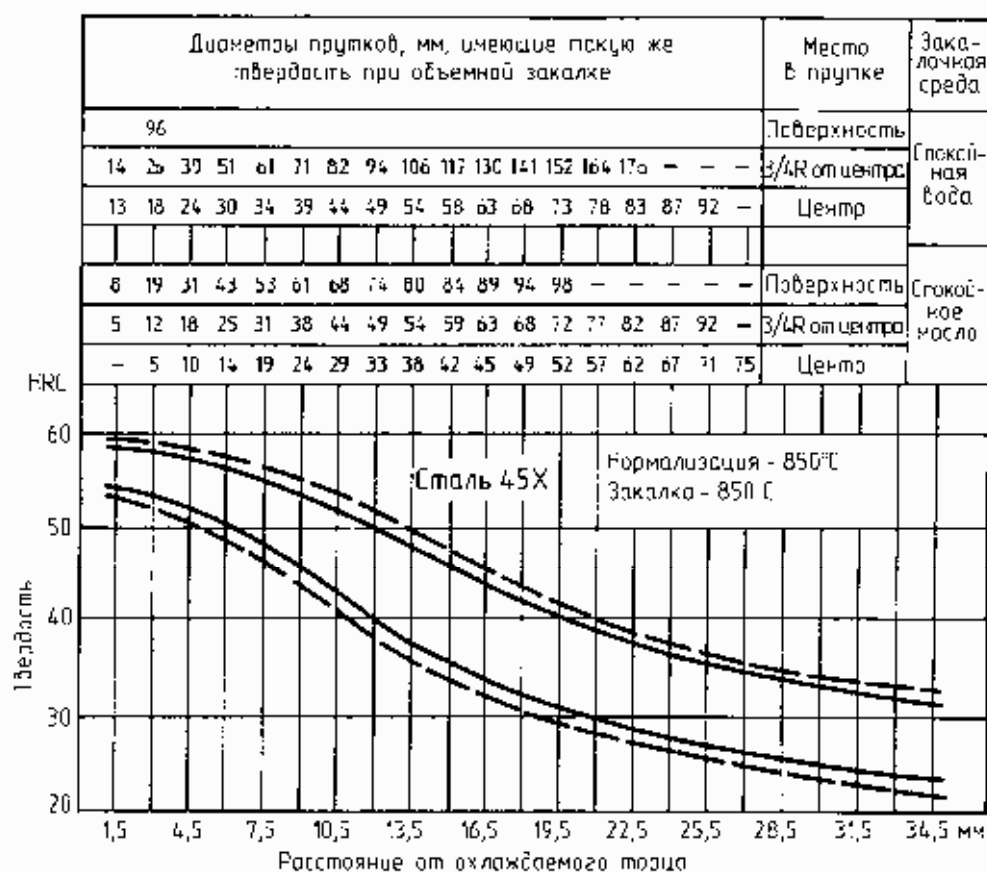


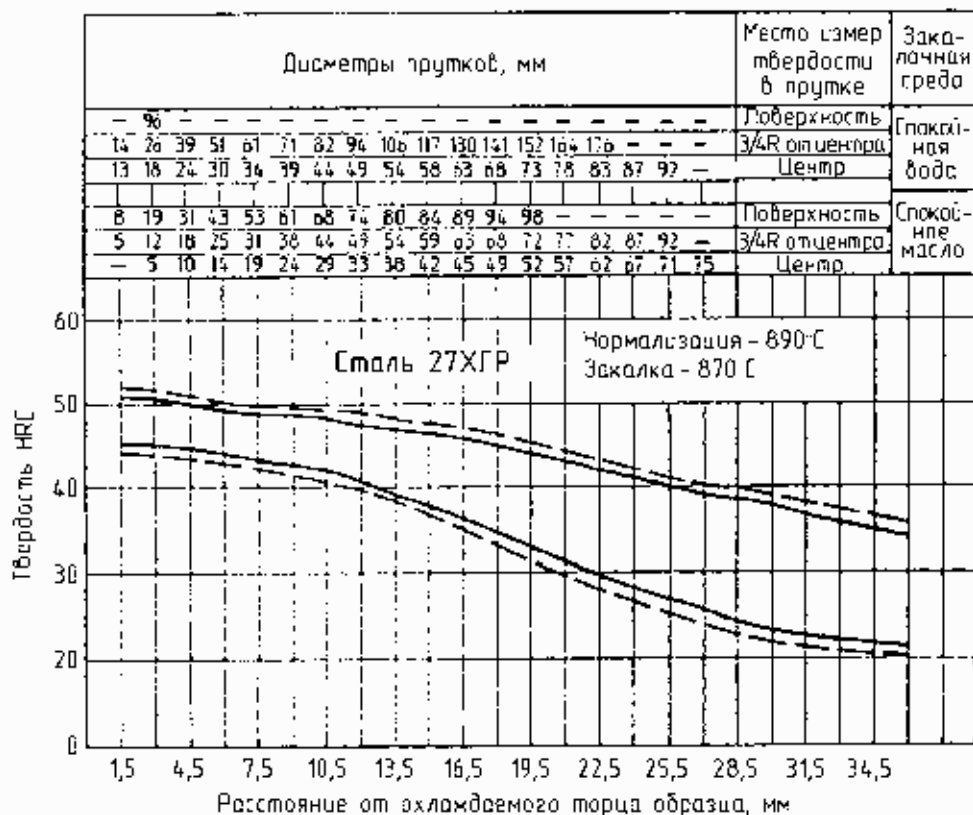
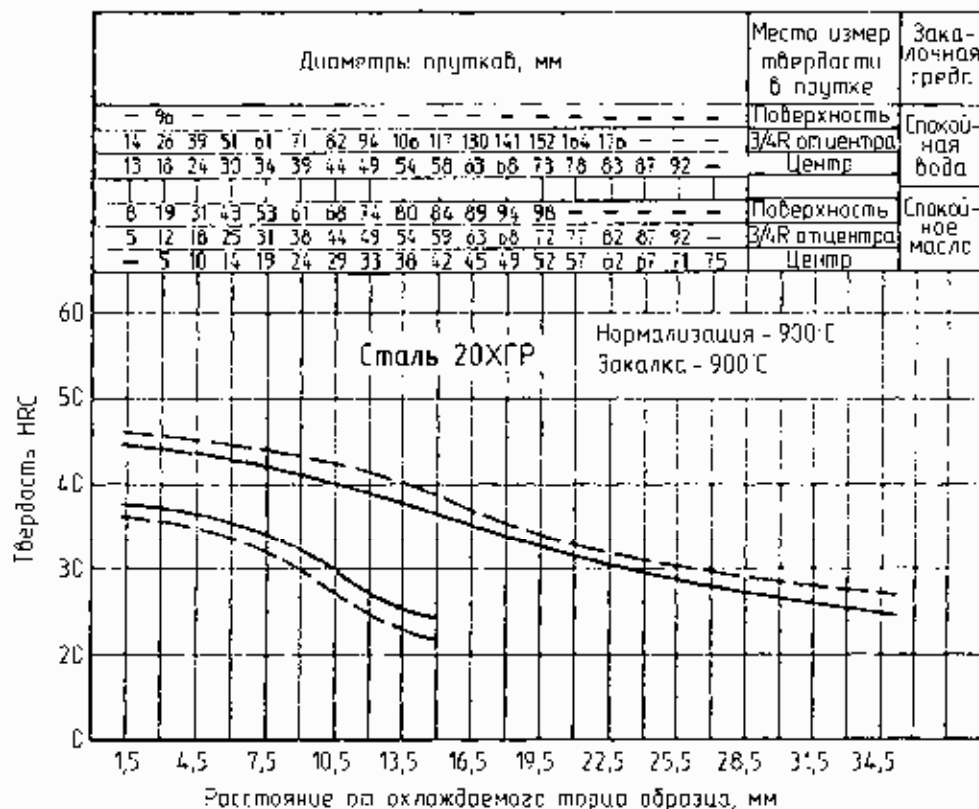
Распределение твердости по сечению

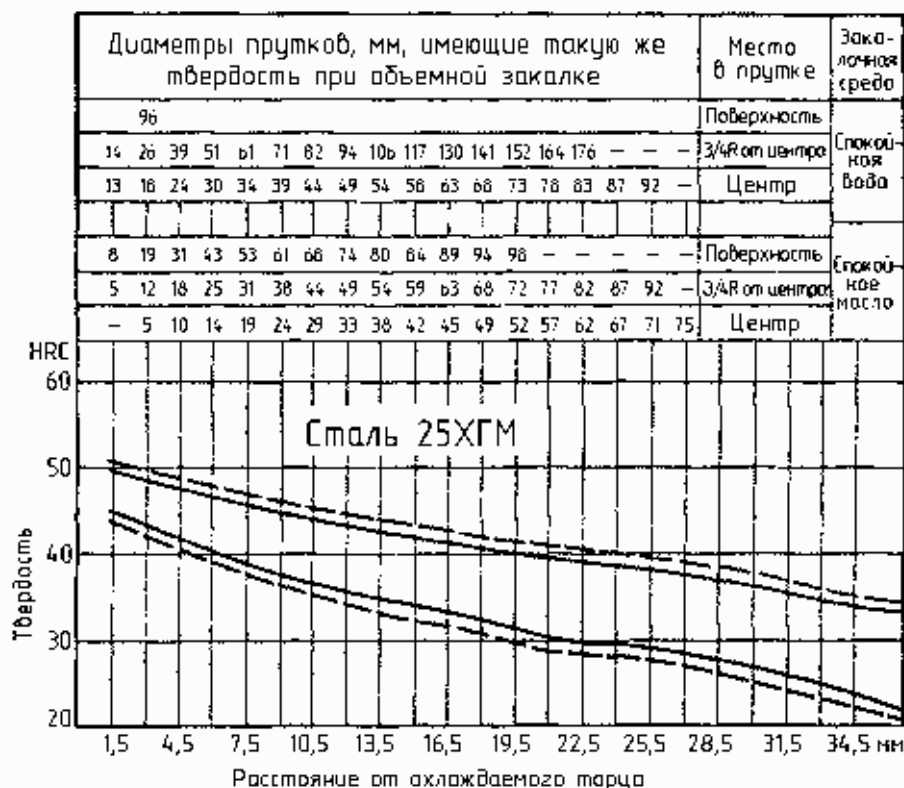
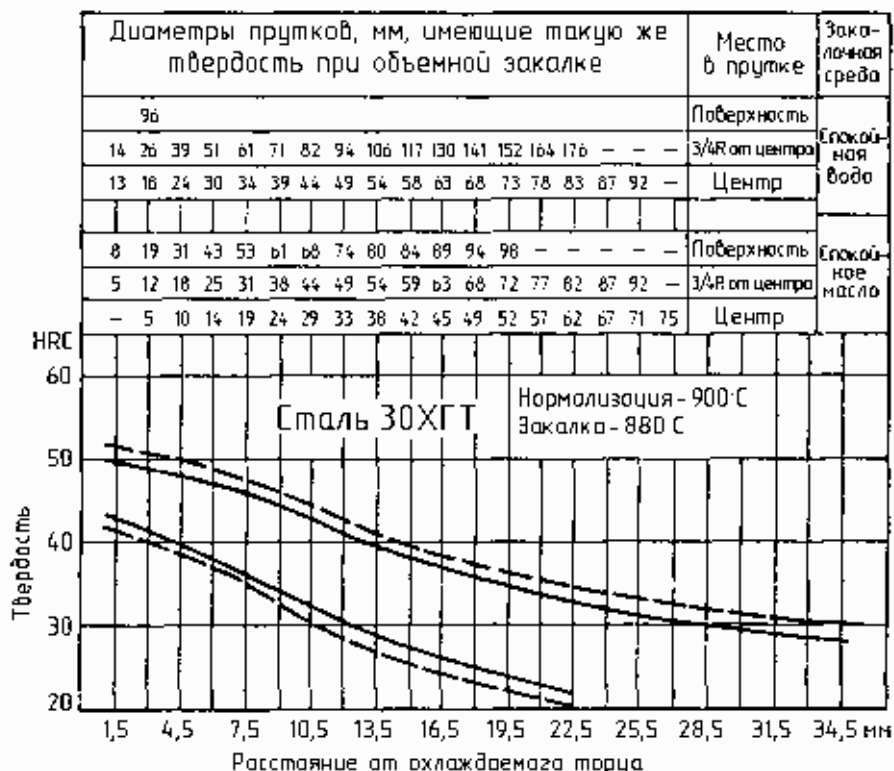


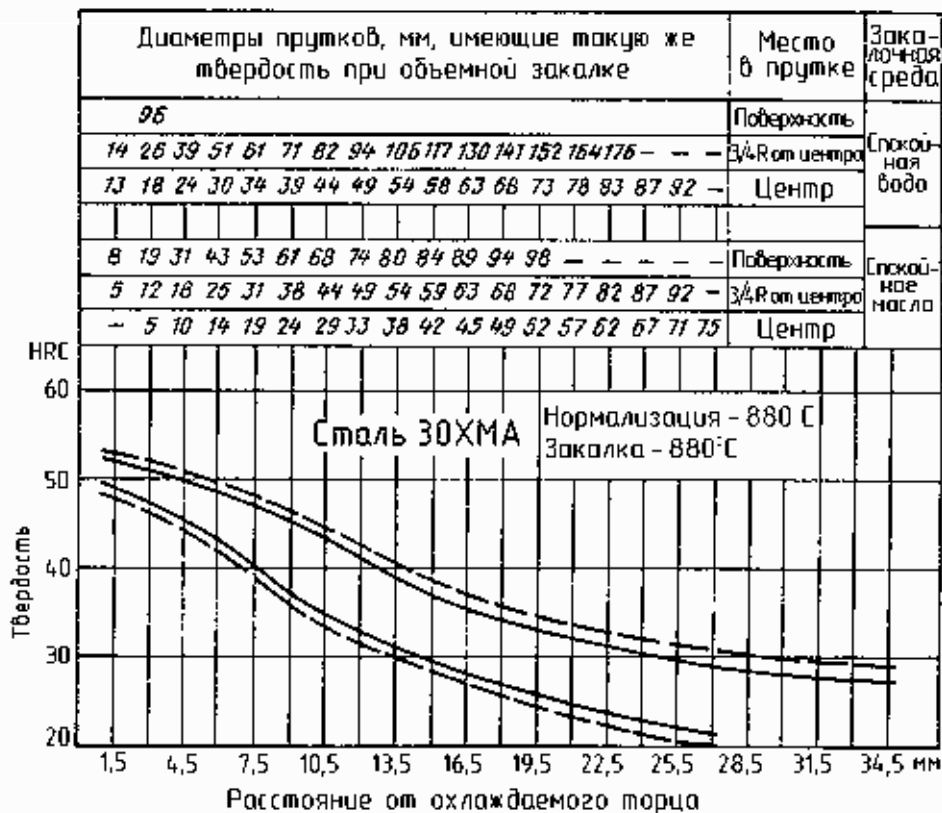
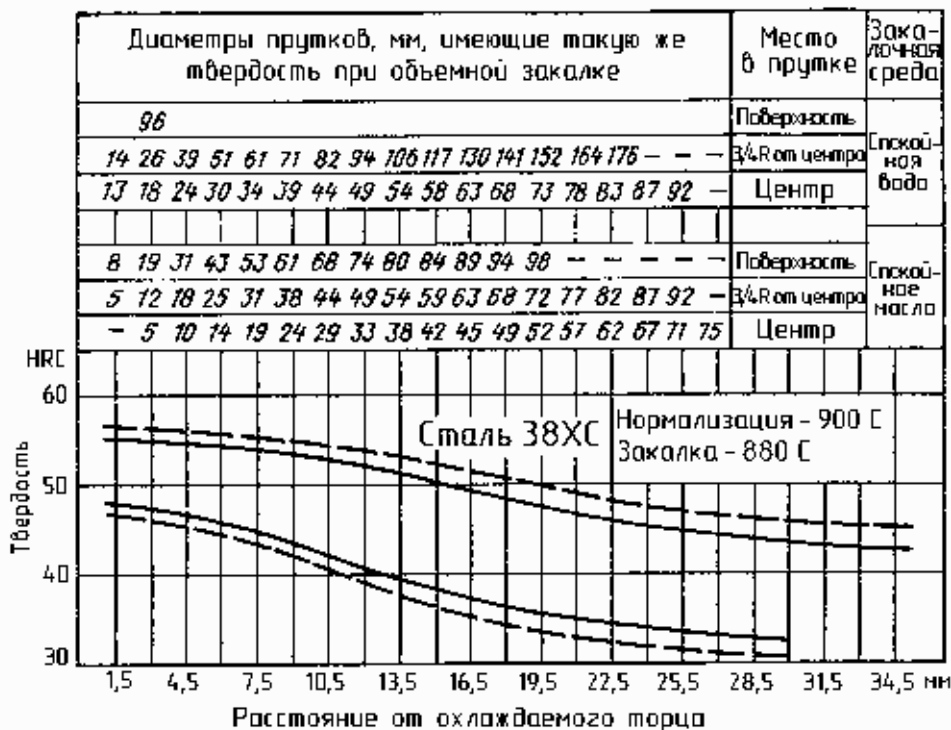
Закалка 840-850°C, масло

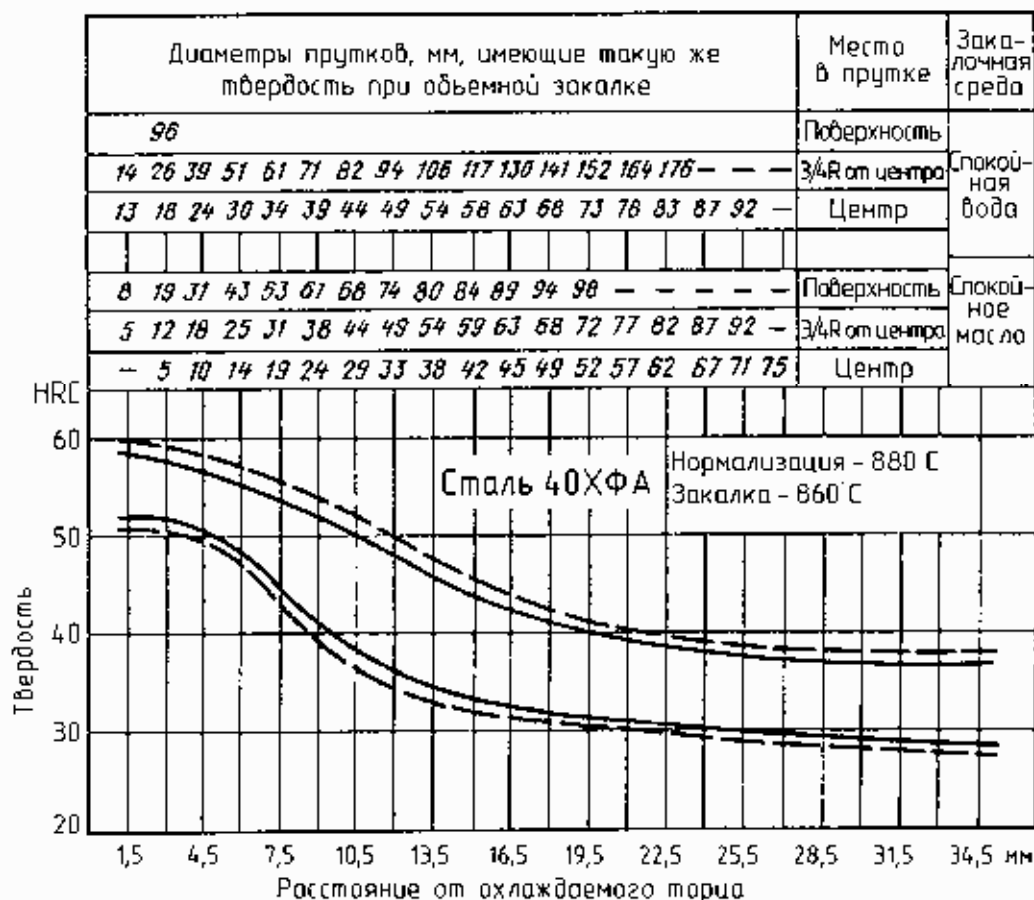
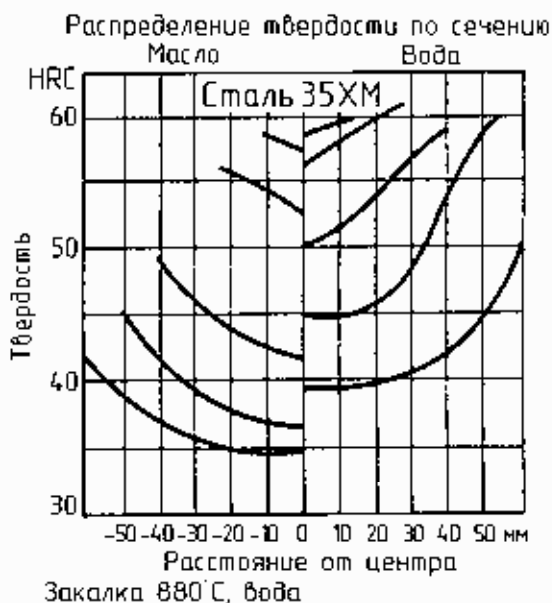
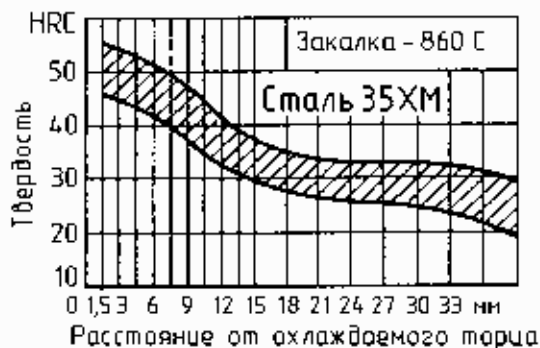


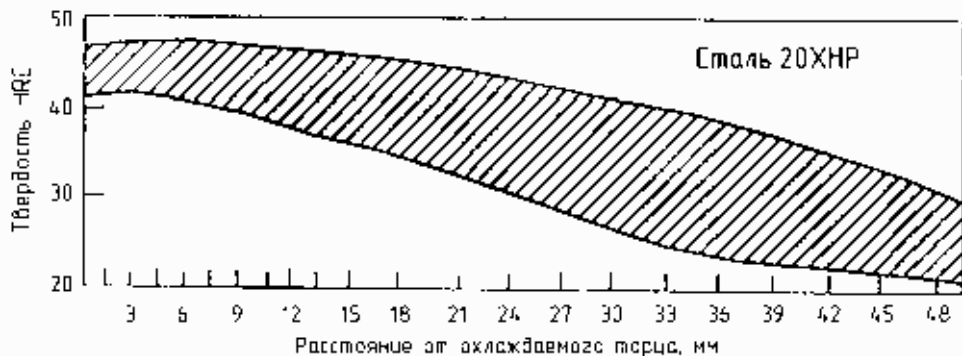
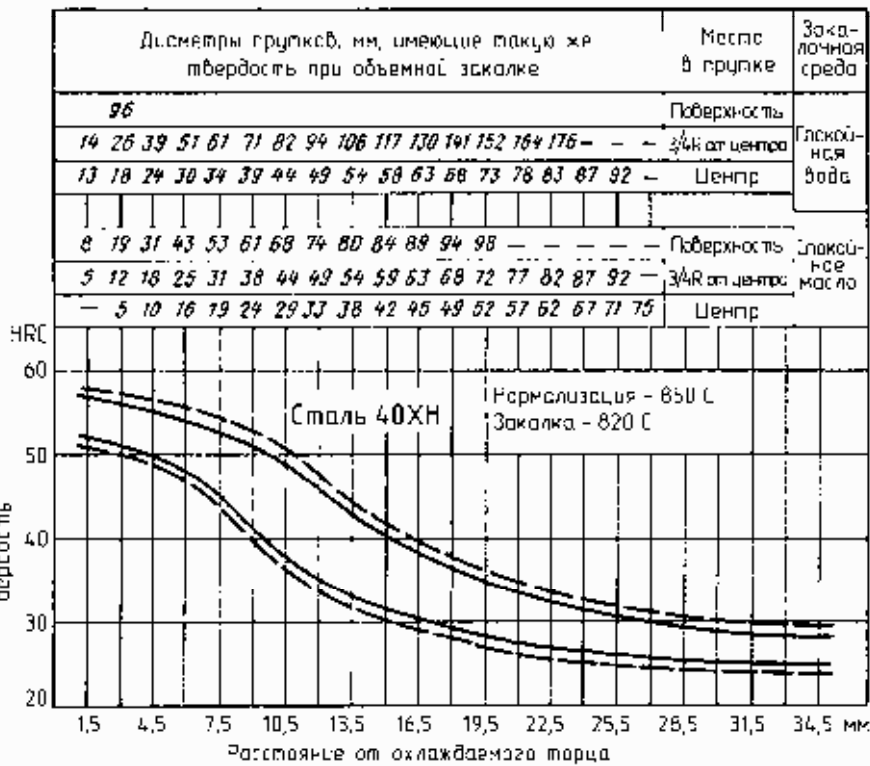
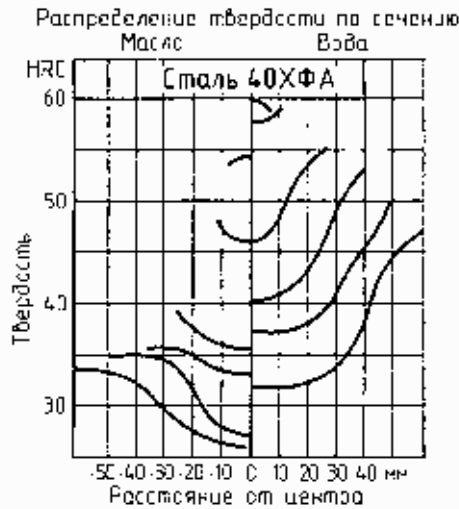


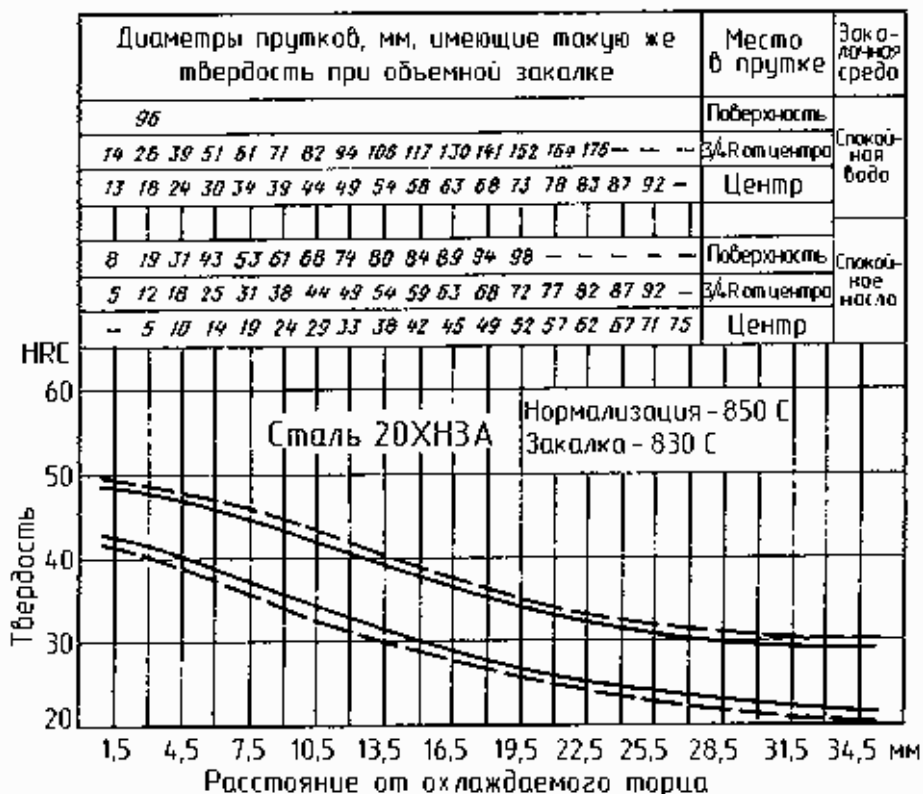
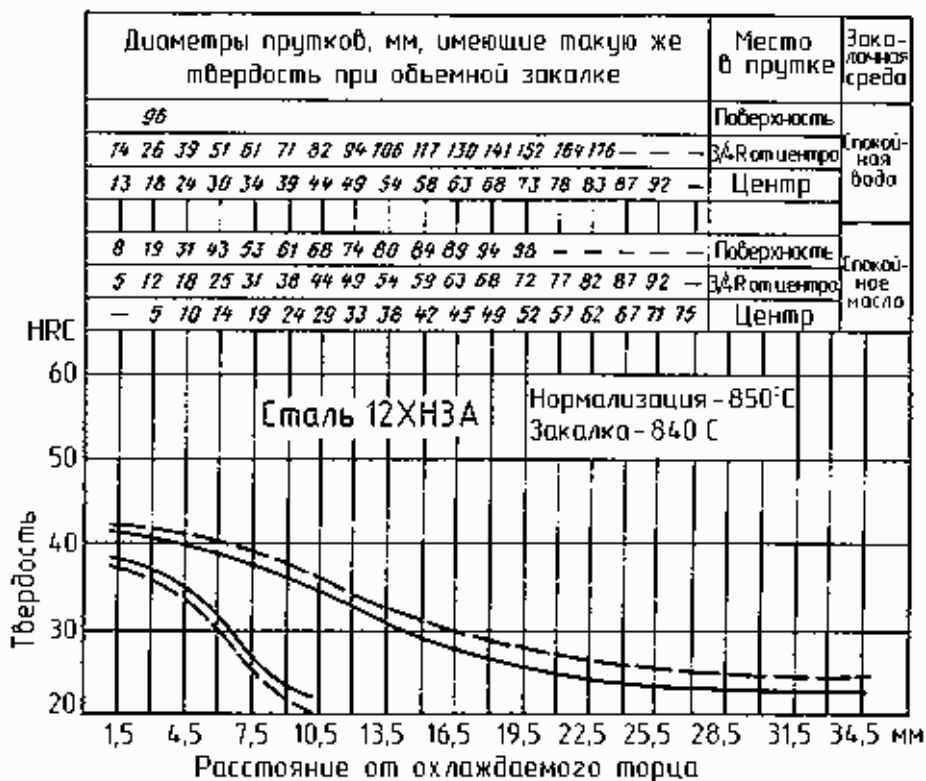


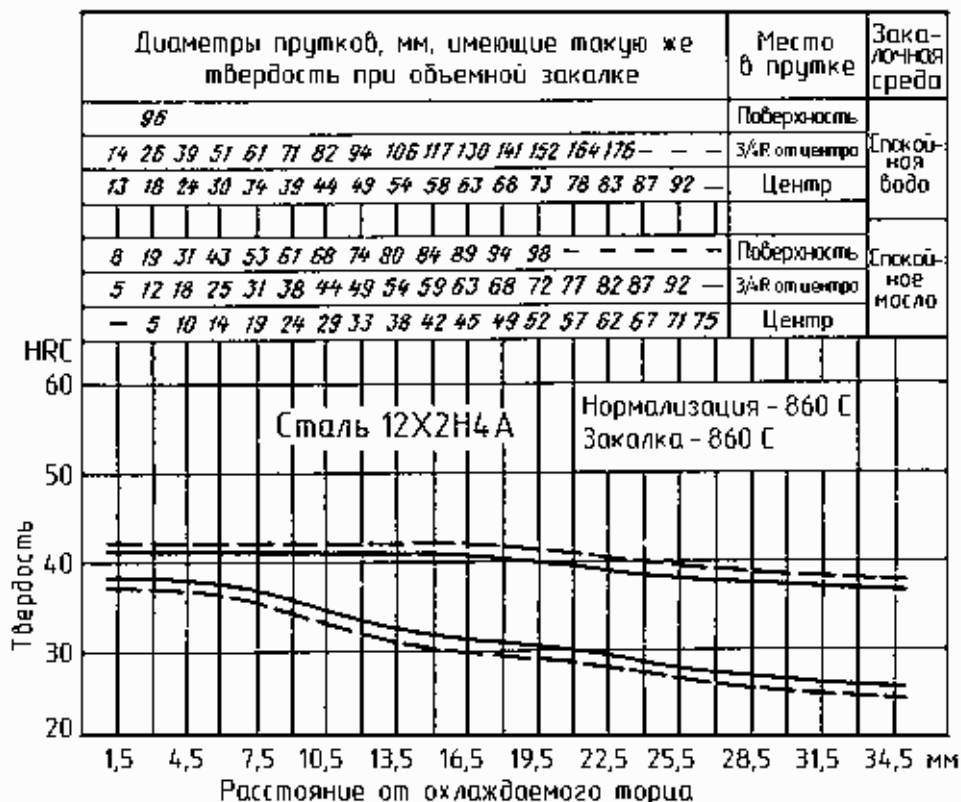






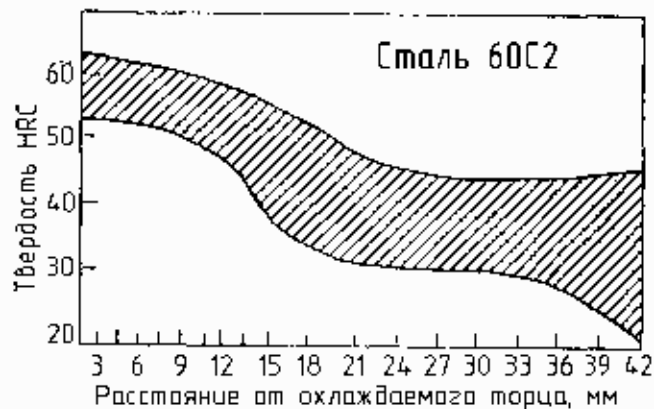


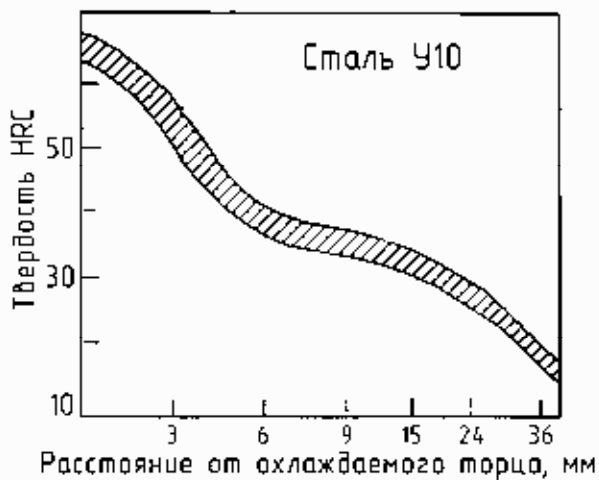
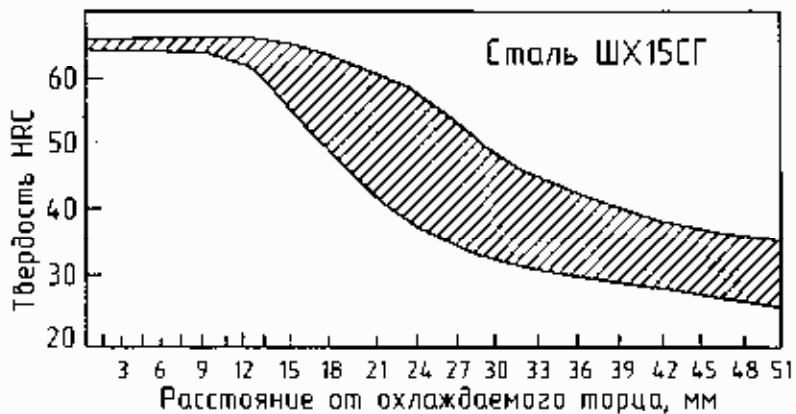
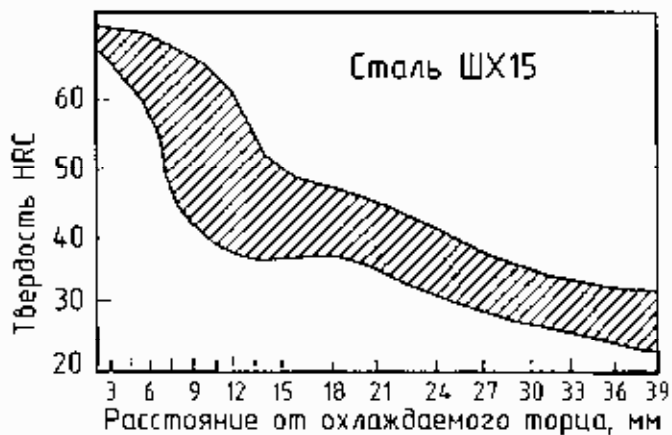






Кривая проталиваемости стали
(0,19%; 0,36%Mn; 1,4%Cr; 4,15%Ni; 0,75%W; 0,10%Mo)





3. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТПУСКА [1]

| Марка стали, сплава | $t_{\text{отп}}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Твердость | Примечание |
|---------------------|-----------------------|------------------------------------|---|--------------|------------|-------------------------|---------------|--|
| СтЗпс | 20 | 304–333 | 402–549 | 27–39 | | | | Лист и фасонный прокат в горячекатаном состоянии толщиной до 30 мм |
| | 200 | 196–275 | 422–569 | 19–24 | — | — | — | |
| | 300 | 196–265 | 422–579 | 20–26 | | | | |
| | 400 | 186–255 | 383–520 | 28–40 | | | | |
| 30 | 400 | 412–481 | 549–667 | 16–24 | 53–64 | 88,3–186,3 | НВ 153-189 | Закалка 860°С, вода. Заготовка диаметром 60 мм |
| | 500 | 383–432 | 530–618 | 18–27 | 61–68 | 117,7–205,9 | 150-175 | |
| | 600 | 343–383 | 481–559 | 21–28 | 66–72 | 147,1–225,6 | 138-158 | |
| 35 | 200 | 598 | 765 | 13 | 60 | 29,4 | НВ 226 | Закалка 850°С, вода. Заготовка диаметром 60 мм |
| | 300 | 559 | 736 | 14 | 63 | 29,4 | 212 | |
| | 400 | 520 | 696 | 15 | 64 | 98,1 | 200 | |
| | 500 | 471 | 667 | 17 | 67 | 137,3 | 189 | |
| | 600 | 412 | 628 | 18 | 71 | 176,5 | 175 | |
| | 700 | 343 | 579 | 19 | 73 | 186,3 | 162 | |
| 40 | 200 | 755 | 932 | 7 | 45 | 29,4 | НВ 267 | Закалка 850°С, масло |
| | 300 | 716 | 863 | 8 | 51 | 68,6 | 247 | |
| | 400 | 637 | 794 | 9 | 57 | 88,3 | 225 | |
| | 500 | 549 | 736 | 12 | 62 | 127,5 | 208 | |
| | 600 | 451 | 667 | 16 | 66 | 166,7 | 188 | |
| | 700 | 383 | 618 | 17 | 71 | 205,9 | 170 | |
| 45 | 450 | 834 | 981 | 10 | 40 | 58,8 | | Закалка 850°С, вода. Заготовка диаметром 60 мм |
| | 500 | 736 | 834 | 12 | 45 | 78,5 | — | |
| | 550 | 637 | 785 | 16 | 50 | 98,1 | | |
| | 600 | 588 | 736 | 25 | 55 | 117,7 | | |
| 50 | 400 | 654 | 865 | 11,9 | 50,3 | 63,7 | НВ 246 | Закалка 840°С, вода |
| | 500 | 566 | 776 | 14,4 | 54,0 | 89,5 | 218 | |
| | 600 | 454 | 675 | 17,7 | 64,4 | 135,3 | 190 | |
| 55 | 400 | 579–647 | 824–932 | 10–12 | 42–46 | 29,4–49,0 | НВ 234–266 | Закалка 840°С, вода. Заготовка диаметром 60 мм |
| | 500 | 510–569 | 755–853 | 13–14 | 43–52 | 39,2–58,8 | 210–239 | |
| | 600 | 432–481 | 667–745 | 16–18 | 56–61 | 58,8–88,3 | 190–210 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{\text{отп}},$ °C | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_B,$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | Твердость | Примечание |
|---------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----------------------------|-----------|--|
| 60 | 200 | 530 | 687 | 14 | — | 190,2 | — | Нормализация или отжиг. 0,60% С; 0,60% Мн; $\sigma_B = 708$ Н/мм ² |
| | 300 | 451 | 736 | 27 | — | 139,3 | | |
| | 400 | 324 | 461 | 30 | — | 107,9 | | |
| | 560 | 520–588 | 883 | 15 | 42 | 29,4 | — | Закалка 820°C, вода. 0,59% С; 0,46% Мн; 0,34% Si |
| | 620 | 441–569 | 804 | 12 | 50-55 | 44,1 | | |
| 22К | 200 | 265 | 490–569 | 16 | 39-44 | 39,2–107,9 | — | Без термообработки. Лист толщиной 30 мм |
| | 300 | 235 | 520–569 | 21 | 48-51 | 73,5–112,8 | | |
| | 400 | 226 | 451–471 | 21–24 | 59-63 | 49,0–76,5 | | |
| | 500 | 196 | 284–314 | 19–29 | 60-68 | 44,1–59,8 | | |
| | 600 | 72–137 | 108–167 | 20–34 | 66-68 | 53,0–71,6 | | |
| 15Г | 400 | 930 | 980 | 5 | 65 | 59 | — | Нормализация 900°C. Закалка 890°C, вода. Охлаждение после отпуска в масле. Заготовка диаметром 23 мм |
| | 450 | 780 | 870 | 8 | 70 | 108 | | |
| | 550 | 640 | 700 | 12 | 78 | 118 | | |
| 20Г | 250 | — | 490 | — | — | — | — | Нормализация 910°C. 0,60% С; 0,60% Мн |
| | 300 | | 481 | | | | | |
| | 350 | | 461 | | | | | |
| | 400 | | 432 | | | | | |
| 30Г | 400 | 785 | 981 | 15 | 37 | 49,0 | — | Закалка 820°C, вода |
| | 500 | 687 | 883 | 10 | 55 | 88,3 | | |
| | 600 | 539 | 736 | 15 | 65 | 166,7 | | |
| | 400 | 490 | 736 | 15 | 55 | 34,3 | — | Закалка 820°C, масло |
| | 500 | 490 | 687 | 17 | 60 | 49,0 | | |
| | 600 | 441 | 588 | 20 | 68 | 78,5 | | |
| 45Г | 375 | 1230 | 1310 | 9 | 42 | 14 | НВ 418 | Закалка 790°C, вода. Пруток сечением 25 мм |
| | 450 | 1120 | 1210 | 11 | 48 | 39 | | |
| | 525 | 900 | 1000 | 13 | 51 | 59 | | |
| | 375 | — | 1280 | 8 | 40 | 17 | НВ 351 | Закалка 810°C, масло. Пруток сечением 25 мм |
| | 525 | 810 | 950 | 14 | 52 | 68 | | |
| | 300 | 600 | 880 | (16) | 50 | 39 | — | Закалка 850°C, масло. Пруток сечением 35 мм |
| | 400 | 580 | 880 | (16) | 50 | 49 | | |
| | 500 | 580 | 870 | (18) | 51 | 49 | | |
| 600 | 500 | 780 | (22) | 57 | 68 | | | |
| 50Г | 540 | 755 | 932 | 7 | 45 | 29,4 | НВ 267 | Закалка 840°C, вода |
| | 580 | 716 | 863 | 8 | 51 | 68,6 | | |
| | 620 | 637 | 794 | 9 | 57 | 88,3 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{\text{отп}},$ °C | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}},$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | Твердость | Примечание |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|---|----------------|--------------|----------------------------|-----------|--|
| 40ХС | 200 | 1670 | 1960 | 10 | 40 | 59 | НВ 575 | Закалка 900°С, масло. Охлаждение после отпуска на воздухе |
| | 300 | 1570 | 1810 | 10 | 43 | 29 | 530 | |
| | 400 | 1370 | 1580 | 10 | 45 | 59 | 460 | |
| | 500 | 1100 | 1320 | 11 | 50 | 60 | 380 | |
| | 600 | 900 | 1030 | 16 | 55 | 78 | 320 | |
| 20ХГСА | 200 | — | 1520 | 9 | 49 | 59 | НВ 420 | Закалка 900°С, выдержка после отпуска 80 мин, воздух |
| | 300 | — | 1470 | 9 | 62 | 59 | 400 | |
| | 400 | — | 1340 | 8 | 50 | 49 | 360 | |
| | 500 | — | 1080 | 10 | 50 | 78 | 325 | |
| | 600 | — | 880 | 17 | 52 | 98 | 255 | |
| 25ХГСА | 300 | 1320 | 1510 | 12 | 57 | 69 | HRC 44 | Закалка 890°С, масло. Пруток сечением 20–70 мм |
| | 400 | 1200 | 1270 | 12 | 59 | 69 | 42 | |
| | 500 | 980 | 1030 | 17 | 60 | 127 | 35 | |
| | 600 | 730 | 830 | 20 | 67 | 196 | 25 | |
| 20ХГР | 200 | 1247 | 1512 | 10,5 | 54,7 | 60,8 | HRC 45 | Закалка 860°С, масло. Охлаждение после отпуска в масле |
| | 300 | 1232 | 1401 | 7,5 | 49,6 | 61,8 | 45 | |
| | 400 | 1177 | 1243 | 10,75 | 57,5 | 68,6 | 41 | |
| | 500 | 971 | 974 | 13,5 | 64,2 | 125,5 | 31 | |
| | 600 | 694 | 824 | 16,75 | 65,25 | 182,4 | 25 | |
| 40ХН | 400 | 1226 | 1373 | 10 | 41 | 32,4 | — | Закалка 820°С, масло |
| | 450 | 1128 | 1275 | 13 | 47 | 36,3 | | |
| | 500 | 1079 | 1157 | 14 | 51 | 46,1 | | |
| | 550 | 873 | 1030 | 17 | 57 | 76,5 | | |
| | 600 | 765 | 912 | 20 | 60 | 83,4 | | |
| | 650 | 667 | 804 | 21 | 63 | 109,8 | | |
| 20ХНР | 200 | 1220 | 1520 | 10 | 54 | 49 | HRC 47 | Закалка 860°С, масло. Охлаждение после отпуска в масле |
| | 300 | 1200 | 1400 | — | — | 49 | 46 | |
| | 400 | 1180 | 1250 | 11 | 57 | 69 | 43 | |
| | 500 | 880 | 980 | 14 | 64 | 127 | 34 | |
| | 600 | 740 | 780 | 16 | 65 | 172 | 28 | |
| 20ХГНР | 200 | 1247 | 1512 | 10,5 | 54,7 | 60,8 | HRC 45 | Закалка 860°С, масло. Охлаждение после отпуска в масле |
| | 300 | 1232 | 1401 | 7,5 | 49,6 | 61,8 | 45 | |
| | 400 | 1177 | 1243 | 10,75 | 57,5 | 68,6 | 41 | |
| | 550 | 971 | 974 | 13,5 | 64,2 | 125,5 | 31 | |
| | 600 | 694 | 824 | 16,75 | 65,25 | 182,4 | 25 | |
| 20ХН2М (20ХНМ) | 200 | 1210 | 1420 | 5 | 21 | 38 | — | Закалка 860°С, масло, выдержка при отпуске 2 ч. Образцы поперечные |
| | 600 | 970 | 1010 | 12 | 42 | 52 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{отп},$ °С | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_B,$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | Твер- дость | Примечание | |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----------------------------|----------------|---|-------------------------|
| 30ХН2МА | 200 | 1550 | 1750 | 10 | 60 | 125 | — | Закалка 860°С, масло | |
| | 300 | 1450 | 1600 | 13 | 62 | 90 | | | |
| | 400 | 1300 | 1400 | 11 | 60 | 100 | | | |
| | 500 | 1100 | 1200 | 15 | 65 | 125 | | | |
| | 600 | 900 | 1000 | 19 | 70 | 200 | | | |
| 40ХН2МА (40ХНМА) | 200 | 1599 | 1755 | 10 | 50 | 58,8 | — | Закалка 850°С, масло | |
| | 300 | 1471 | 1599 | 10 | 50 | 49,0 | | | |
| | 400 | 1245 | 1373 | 12 | 52 | 58,8 | | | |
| | 500 | 1079 | 1177 | 15 | 59 | 88,3 | | | |
| | 600 | 863 | 961 | 20 | 62 | 147,1 | | | |
| 12ХН3А | 200 | 1275 | 1373 | 12 | 60 | 98,1 | НВ 400 | Закалка 860°С, масло | |
| | 300 | 1128 | 1275 | 13 | 68 | 78,5 | | | |
| | 400 | 1079 | 1196 | 14 | 68 | 83,4 | | | |
| | 500 | 932 | 1030 | 19 | 70 | 117,7 | | | |
| | 600 | 667 | 736 | 24 | 75 | 166,7 | | | |
| | 200 | 1275 | 1373 | 12 | 60 | 98,1 | | | 400 |
| 20ХН3А | 200 | 1270 | 1510 | 15 | 60 | 73 | HRC 42 | Нормализация 860°С, воздух. Закалка 810°С, масло | |
| | 300 | 1260 | 1370 | 12 | 62 | 54 | | | |
| | 400 | 1180 | 1260 | 13 | 64 | 59 | | | |
| | 500 | 960 | 1000 | 19 | 66 | 83 | | | |
| | 600 | 720 | 780 | 24 | 73 | 162 | | | |
| | 200 | 1275 | 1451 | | 56 | 58,8 | | — | Закалка 820°С, масло |
| | 300 | 1177 | 1304 | | 56 | 49,0 | | | |
| | 400 | 1108 | 1177 | — | 60 | 58,8 | | | |
| | 500 | 1000 | 1098 | | 63 | 68,6 | | | |
| | 600 | 794 | 814 | | 70 | 147,1 | | | |
| 30ХН3А | 200 | 1460 | 1620 | 8 | 50 | 80 | HRC 51 | Закалка 820°С, масло | |
| | 300 | 1400 | 1530 | 7 | 50 | 59 | | | |
| | 350 | 1290 | 1430 | 8 | 50 | 47 | | | |
| | 400 | 1180 | 1290 | 10 | 52 | 54 | | | |
| | 500 | 920 | 1070 | 17 | 60 | 107 | | | |
| | 600 | 780 | 890 | 21 | 64 | 157 | | | |
| 35ХН3МФА | 625 | 726 | 892 | 18 | 61 | 137,3 | — | Закалка 850°С, масло | |
| | 655 | 677 | 824 | 23 | 67 | 147,1 | | | |
| | 675 | 628 | 785 | 20 | 64 | 152,0 | | | |
| 50ХФА | Без отпу- ска | 1579 | 1942 | 1,0 | — | | HRC 51–53 | Закалка 850°С, масло | |
| | 100 | 1657 | 1942 | 2,2 | — | | | | |
| | 200 | 1765 | 2010 | 2,4 | — | — | | | |
| | 300 | 1638 | 1687 | 1,6– 2,4 | 36 | | | | |
| | 450 | — | — | 3,9 | 54 | | | | |
| | 500 | — | — | 7,7 | — | | | | |
| | | | | | | | | | 41–42 |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{отп},$ °C | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_B,$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | Твердость | Примечание |
|---|------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------------------|
| 60С2, 60С2А | 400 | — | 1579 | 9 | — | 27,5 | НВ 477 | Закалка 850°C, масло |
| | 500 | | 1373 | 13 | | 27,5 | 364 | |
| | 550 | | 1706 | 15 | | 31,4 | 364 | |
| ШХ15 | 200 | 1961- 2207 | 2158- 2550 | | | | HRC 60-62 | Закалка 840°C, масло |
| | 300 | 1667- 1765 | 2305- 2452 | — | — | — | 55-57 | |
| | 400 | 1275- 1373 | 1814- 1912 | | | | 49-51 | |
| | 450 | 1177- 1275 | 1618- 1716 | | | | 45-47 | |
| ШХ15СГ | 160 | 1961- 2354 | 2256- 2373 | | | | HRC 61-64 | Закалка 820°C, масло |
| | 200 | 2128- 2285 | 2158- 2550 | — | — | — | 59-61 | |
| | 250 | 2118- 2207 | — | | | | 58-60 | |
| | 300 | 1863- 2040 | — | | | | 57-58 | |
| | 330 | 1854- 1952 | — | | | | 55-56 | |
| 95Х18 (9Х18, ЭИ 229) | 150 | Не определяются | | | | | HRC 58-63 | Закалка 1050°C, масло |
| | 200 | | | | | | 57-61 | |
| | 300 | | | | | | 54-58 | |
| | 400 | | | | | | 55-58 | |
| | 500 | | | | | | 50-53 | |
| | 600 | | | | | | 39-42 | |
| 13Х11Н2В2МФ-Ш (ЭИ 961-Ш) | 200 | 1330 | 1520 | 12 | 55 | 61 | НВ 432 | Закалка 1000°C, масло |
| | 300 | 1330 | 1470 | 13 | 59 | 60 | 420 | |
| | 400 | 1340 | 1490 | 13 | 54 | 61 | 432 | |
| | 450 | 1380 | 1500 | 15 | 56 | 54 | 420 | |
| | 475 | 1430 | 1530 | 13 | 54 | 37 | 440 | |
| | 500 | 1190 | 1330 | 13 | 60 | 71 | 390 | |
| | 550 | 1090 | 1240 | 15 | 61 | 88 | 337 | |
| | 600 | 910 | 1090 | 15 | 61 | 105 | 308 | |
| | 650 | 750 | 900 | 16 | 63 | 108 | 268 | |
| 700 | 720 | 880 | 17 | 64 | 120 | 250 | | |
| 10Х12Н3М2ФА (Ш), 10Х12Н3М2ФА-А (Ш) | 500 | 1170 | 1350 | 17,5 | 66,0 | КСУ 58 | — | Закалка 1050°C, масло |
| | 550 | 1046 | 1185 | 15,0 | 66,0 | 101 | | |
| | 575 | 949 | 1085 | 16,2 | 61,1 | 98 | | |
| | 600 | 891 | 1011 | 16,7 | 62,3 | 98 | | |
| | 650 | 832 | 988 | 17,0 | 65,0 | 111 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{отп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Твердость | Примечание | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----------|-----------------------------|--|----|---|-----------|-------|--|--|
| 25Х13Н2 (2Х14Н2, ЭИ 474) | 200 | — | 1620 | 3 | — | — | HRC 54 | Закалка 1030–1050°С, воздух | | | | | | | |
| | 300 | | 1590 | 7 | | | 53 | | | | | | | | |
| | 400 | | 1530 | 4 | | | 52 | | | | | | | | |
| | 500 | | 1470 | 3 | | | 50 | | | | | | | | |
| | 600 | | 1220 | 6 | | | 38 | | | | | | | | |
| | 700 | | 730 | 9 | | | 29 | | | | | | | | |
| | 800 | | 710 | 9 | | | 26 | | | | | | | | |
| | 04Х14Н5МГТЮ | | 450 | 1280 | | | 1350 | | 16 | 56 | 5 | HRC 40 | — | | |
| 500 | | 1310 | 1370 | 15 | 62 | 6 | 38 | | | | | | | | |
| 550 | | 1012 | 1050 | 19 | 66 | 25 | 37 | | | | | | | | |
| 600 | | 665 | 880 | 25 | 73 | 25 | 25 | | | | | | | | |
| 650 | | 705 | 910 | 21 | 73 | 22 | 25 | | | | | | | | |
| У7, У7А | | 160–200 | Не определяются | | | | HRC | 60–63 | Закалка 780–800°С, вода. После отпуска охлаждение на воздухе | | | | | | |
| | 200–300 | 54–60 | | | | | | | | | | | | | |
| | 300–400 | 43–54 | | | | | | | | | | | | | |
| | 400–500 | 35–43 | | | | | | | | | | | | | |
| | У8, У8А | 160–200 | | | | | | Не определяются | | | | HRC | 60–64 | Закалка 780–800°С, вода. После отпуска охлаждение на воздухе | |
| | | 200–300 | | | | | | | | | | | 55–60 | | |
| 300–400 | | 45–55 | | | | | | | | | | | | | |
| 400–500 | | 35–45 | | | | | | | | | | | | | |
| 500–600 | | 27–35 | | | | | | | | | | | | | |
| У10, У10А | | 160–200 | Не определяются | | | | HRC | | | | | | 62–64 | | Закалка 760–780°С, вода. После отпуска охлаждение на воздухе |
| | 200–300 | 56–62 | | | | | | | | | | | | | |
| | 300–400 | 47–56 | | | | | | | | | | | | | |
| | 400–500 | 38–47 | | | | | | | | | | | | | |
| | У12, У12А | 150–160 | | | | | | Не определяются | | | | HRC | 62–63 | Закалка 760–780°С, вода. После отпуска охлаждение на воздухе | |
| | | 200–250 | | | | | | | | | | | 58–59 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{отп}, ^\circ\text{C}$ | $\sigma_{0,2}, \text{Н/мм}^2$ | $\sigma_{в}, \text{Н/мм}^2$ | $\delta, \%$ | $\psi, \%$ | КСУ, Дж/см ² | Твердость | Примечание | |
|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----------|--|--|
| 9ХС | 170–200 | Не определяются | | | | | HRC 62–63 | Закалка 840–860°C, вода. После отпуска охлаждение на воздухе | |
| | 200–300 | Не определяются | | | | | 58–62 | | |
| | 300–400 | Не определяются | | | | | 52–58 | | |
| | 400–500 | Не определяются | | | | | 46–52 | | |
| | 500–600 | Не определяются | | | | | 37–46 | | |
| | | | Не определяются | | | | | | |
| ХВГ | 180–220 | Не определяются | | | | | HRC 58–62 | Закалка 840°C. Заготовки сечением до 50 мм, масло; свыше 50 мм, расплав солей при 200°C | |
| | 230–280 | Не определяются | | | | | 56–60 | | |
| | 280–340 | Не определяются | | | | | 54–56 | | |
| | | Не определяются | | | | | | | |
| | 100 | Не определяются | | | | | 65 | Закалка 820°C, масло | |
| | 200 | Не определяются | | | | | 63 | | |
| | 300 | Не определяются | | | | | 60 | | |
| | 400 | Не определяются | | | | | 56 | | |
| | 4ХМФС (40ХСМФ) | 170–200 | Не определяются | | | | | 62–63 | Закалка 830–850°C, вода. После отпуска охлаждение на воздухе |
| | | 200–300 | Не определяются | | | | | 58–62 | |
| | | 300–400 | Не определяются | | | | | 52–58 | |
| | | 400–500 | Не определяются | | | | | 47–52 | |
| 500–600 | | Не определяются | | | | | 38–47 | | |
| | | | Не определяются | | | | | | |
| 4ХМФС (40ХСМФ) | 300 | 1600 | 2100 | 10 | 40 | 30 | HRC 48,5 | Закалка 920°C, масло, 53–55 HRC. После отпуска (2 ч) охлаждение на воздухе. Образцы 15×15 мм | |
| | 350 | 1430 | 1720 | 10 | 36 | 30 | 47,5 | | |
| | 400 | 1400 | 1670 | 11 | 38 | 33 | 46,5 | | |
| | 450 | 1385 | 1650 | 12 | 40 | 33 | 46,5 | | |
| | 500 | 1375 | 1630 | 13 | 45 | 40 | 46,0 | | |
| | 550 | 1365 | 1610 | 13 | 50 | 50 | 44,0 | | |
| | 600 | 1200 | 1280 | 14 | 52 | 80 | 40,0 | | |
| | 650 | 820 | 900 | 22 | 62 | 160 | 40,0 | | |
| 5ХГМ | 450 | 1450 | 1600 | 7 | 23 | 26 | HRC 45 | Закалка 850°C, масло, 58 HRC. После отпуска охлаждение на воздухе. Заготовка 15×15 мм | |
| | 500 | 1340 | 1450 | 11 | 34 | 30 | 41 | | |
| | 550 | 1240 | 1400 | 11 | 30 | 37 | 38 | | |
| | 600 | 1100 | 1200 | 15 | 35 | 46 | 36,5 | | |
| | | | | | | | | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{отп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Твердость | Примечание | |
|-----------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----------|---|--|
| 7ХГ2ВМФ | 150 | | (2800) | | | 60 | HRC 61 | Закалка 860°С, воздух, 62 HRC. После отпуска охлаждение на воздухе. Поковки диаметром 25 мм | |
| | 200 | | — | | | — | 59 | | |
| | 250 | | (3180) | | | 80 | 58 | | |
| | 300 | — | (3100) | — | — | 60 | 57 | | |
| | 350 | | (3000) | | | 60 | 55 | | |
| | 400 | | (3000) | | | 100 | 53 | | |
| | 450 | | — | | | — | 51 | | |
| | 480 | | — | | | — | 50 | | |
| 5ХНМ | 400 | 1400 | 1600 | 10 | 40 | 35 | HRC 46 | Закалка 850°С, масло, 58 HRC. После отпуска охлаждение на воздухе. Заготовка 15×15 мм | |
| | 450 | 1420 | 1530 | 9 | 37 | 38 | 44 | | |
| | 500 | 1300 | 1400 | 15 | 37 | 46 | 42 | | |
| | 550 | 1200 | 1350 | 12 | 34 | 60 | 38 | | |
| | 600 | — | 1170 | 16 | 51 | 68 | 36 | | |
| 3Х2В8Ф | 600 | — | 1720 | 10 | 41 | 20 | HRC 51 | Закалка 1130°С, масло, выдержка при отпуске 2 ч | |
| | 625 | 1460 | 1640 | 7 | 28 | 25 | 49 | | |
| | 650 | 1390 | 1530 | 12 | 36 | 20 | 47 | | |
| | 675 | 1310 | 1430 | 10 | 36 | 25 | 45 | | |
| 3Х2МНФ | 450 | 1300 | 1600 | 6 | 12 | 40 | HRC 48 | Закалка 930°С, масло, 54 HRC. После отпуска (2 ч) охлаждение на воздухе | |
| | 500 | 1320 | 1520 | 8 | 17 | 70 | 48 | | |
| | 550 | 1340 | 1520 | 9 | 17 | 80 | 46 | | |
| | 600 | 1150 | 1220 | 10 | 25 | 100 | 40 | | |
| | 650 | 740 | 840 | 18 | 50 | 120 | 27 | | |
| 5Х2МНФ (ДИ 32) | 500 | 1460 | 1770 | 11 | 39 | 36 | HRC 47,5 | Закалка 980°С, масло, 58–59 HRC. После отпуска охлаждение на воздухе | |
| | 550 | 1550 | 1800 | 13 | 43 | 40 | 47,5 | | |
| | 600 | 1525 | 1720 | 12 | 44 | 50 | 47,5 | | |
| | 650 | 1330 | 1430 | 13 | 48 | 60 | 43,5 | | |
| 3Х3М3Ф | 500 | 1350 | 1660 | 14 | 46 | 48 | HRC 46 | Закалка 1040°С, масло, 49 HRC. После отпуска (2 ч) охлаждение на воздухе. Образцы 10×10 мм | |
| | 550 | 1480 | 1700 | 12 | 52 | 32 | 46 | | |
| | 600 | 1540 | 1700 | 10 | 52 | 23 | 45,5 | | |
| | 625 | 1420 | 1600 | 12 | 50 | 40 | 43,0 | | |
| | 650 | 1300 | 1480 | 10 | 47 | 47 | 41,5 | | |
| 7Х3 | 150–200 | Не определяются | | | | | HRC 50–62 | | Закалка 850–880°С, вода. После отпуска охлаждение на воздухе |
| | 200–300 | | | | | | 58–60 | | |
| | 300–400 | | | | | | 55–58 | | |
| | 400–500 | | | | | | 50–55 | | |
| | 500–600 | | | | | | 39–50 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{отп},$ °C | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_{в},$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | Твердость | Примечание | |
|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------|--------------|----------------------------|---|---|--|
| 8Х4В2МФС2 (ЭП 761) | 170 | | (3000) | | | — | HRC 62,0 | Закалка 1075°C, масло, 64 HRC. После отпуска (1,5 ч) охлаждение на воздухе | |
| | 200 | | (3330) | | | 35 | 60,5 | | |
| | 250 | | (3700) | | | 45 | 58,0 | | |
| | 300 | — | (3900) | — | — | 90 | 57,2 | | |
| | 350 | | (3750) | | | 105 | 57,6 | | |
| | 400 | | (3500) | | | 70 | 58,5 | | |
| | 450 | | (3200) | | | 45 | 59,7 | | |
| | 480 | | (3180) | | | 40 | 61,0 | | |
| | 500 | | (3200) | | | 35 | 61,4 | Закалка 1075°C, масло, 62,5 HRC. После отпуска (трехкратного по 1 ч) охлаждение на воздухе | |
| | 520 | — | (3250) | — | — | 30 | 62,2 | | |
| | 540 | | (3500) | | | 40 | 61,8 | | |
| | 560 | | (3800) | | | 44 | 61,5 | | |
| | 11Х4В2МФ3С2 (ДИ 37) | 170 | | (3800) | | | 50 | HRC 61,0 | Закалка 1060°C, масло, 62 HRC. После отпуска (1,5 ч) охлаждение на воздухе |
| | | 200 | | (4000) | | | 57 | 60,0 | |
| 250 | | — | (4200) | — | — | 74 | 58,0 | | |
| 300 | | | (4300) | | | 78 | 57,5 | | |
| 350 | | | (4200) | | | 75 | 57,0 | | |
| 400 | | | (4000) | | | 64 | 57,5 | | |
| 450 | | | (3600) | | | 37 | 58,5 | Закалка 1060°C, масло, 62 HRC. После отпуска (трехкратного по 1 ч) охлаждение на воздухе | |
| 500 | | | (3600) | | | 30 | 60,4 | | |
| 520 | | | (3800) | | | 30 | 61,0 | | |
| 540 | | — | (3900) | — | — | 30 | 59,5 | | |
| 560 | | | (4100) | | | 30 | 57,6 | Закалка 1090°C, масло, 62 HRC. После отпуска (1 ч) охлаждение на воздухе | |
| 580 | | | — | | | 30 | 55,0 | | |
| 170 | | | (3200) | | | 35 | 60,2 | Закалка 1090°C, масло, 62 HRC. После отпуска (1 ч) охлаждение на воздухе | |
| 200 | | | (3600) | | | 40 | 58,8 | | |
| 250 | | | (3600) | | | 60 | 57,7 | | |
| 300 | | — | (3670) | — | — | 65 | 56,7 | | |
| 350 | | | (3700) | | | 60 | 56,4 | | |
| 400 | | | (3500) | | | 45 | 57,0 | | |
| 450 | | (3100) | | | 30 | 58,5 | Закалка 1090°C, масло, 62 HRC. После отпуска (трехкратного по 1 ч) охлаждение на воздухе | | |
| 500 | | (3300) | | | 22 | 61,0 | | | |
| 520 | | (3400) | | | 24 | 62,0 | | | |
| 540 | — | (3600) | — | — | 26 | 60,2 | | | |
| 560 | | (3700) | | | — | 58,6 | | | |
| 580 | | — | | | — | 56,3 | | | |
| 4Х5МФ1С (ЭП 572) | 300 | 1520 | 1900 | 9 | 28 | 48 | HRC 51 | Закалка 1020°C, масло, 52 HRC. После отпуска охлаждение на воздухе. Образцы 10×10 мм | |
| | 400 | 1600 | 1910 | 8 | 25 | 44 | 53 | | |
| | 500 | 1520 | 2000 | 8 | 27 | 20 | 54 | | |
| | 600 | 1490 | 1650 | 10 | 45 | 46 | 48,5 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{отп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Твердость | Примечание | |
|---------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----------|--|--|
| Х6ВФ | 200 | | | | | 83 | HRC 58 | Закалка 1000°С, масло, выдержка при отпуске 1,5 ч | |
| | 300 | — | — | — | — | 92 | 56 | | |
| | 400 | | | | | 83 | 55 | | |
| | 500 | | | | | 74 | 54 | | |
| | 550 | | | | | 83 | 53 | | |
| | 160 | | | | | 69-98 | 62-64 | Закалка 990°С, масло или расплав солей при 160°С. Заготовки толщиной или диаметром до 120 мм | |
| | 200 | — | — | — | — | — | 58-60 | | |
| | 290 | | | | | 88-98 | 56-58 | | |
| | 6Х6В3МФС (55Х6В3СМФ, ЭП 569) | 200 | | | | | 16 | HRC 61,7 | Закалка 1060°С, масло, 62,5 HRC. После отпуски (1,5 ч) охлаждение на воздухе |
| | | 250 | | | | | — | 58,0 | |
| 300 | | — | — | — | — | 16 | 56,5 | | |
| 350 | | | | | | — | 56,0 | | |
| 400 | | | | | | 14 | 56,5 | | |
| 450 | | | | | | — | 57,5 | | |
| 480 | | | | | | 12 | 58,5 | | |
| 500 | | | | | | 13 | 59,0 | Закалка 1060°С, масло, 62,5 HRC. После отпуски (трехкратного по 1 ч) охлаждение на воздухе | |
| 520 | | — | — | — | — | 13 | 59,5 | | |
| 540 | | | | | | 14 | 59,0 | | |
| 560 | | | | | 13 | 56,5 | | | |
| Х12 | 180 | | (2150) | | | 8 | HRC 63 | Закалка 970°С, масло, 65 HRC. После отпуски охлаждение на воздухе | |
| | 200 | | (2170) | | | 10 | 62 | | |
| | 250 | | (2200) | | | 16 | 60 | | |
| | 300 | — | (2170) | — | — | 14 | 59 | | |
| | 350 | | (2150) | | | 25 | 58 | | |
| | 400 | | (2050) | | | 35 | 57,5 | | |
| | 450 | | (1950) | | | 10 | 56,5 | | |
| | 500 | | (1850) | | | — | 55 | | |
| | 600 | | — | | | — | 46 | | |
| Х12Ф1 | 150 | | (2450) | | | 25 | HRC 63 | Закалка 1040°С, масло, 63 HRC. После отпуски охлаждение на воздухе | |
| | 200 | | (2500) | | | 25 | 61,5 | | |
| | 250 | | (2550) | | | 25 | 60 | | |
| | 300 | — | (2580) | — | — | 30 | 59 | | |
| | 350 | | (2600) | | | 35 | 58,5 | | |
| | 400 | | (2850) | | | 65 | 58 | | |
| | 450 | | (3100) | | | 75 | 57,5 | | |
| | 500 | | (3000) | | | 35 | 57,5 | | |
| | 600 | | — | | | — | 49 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{отп},$ °C | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_B,$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | Твердость | Примечание |
|---------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----------------------------|-----------|--|
| X12MФ | 150 | | (2550) | | | 30 | HRC 63 | Закалка 1020°C, масло, 64 HRC. После отпуска охлаждение на воздухе |
| | 200 | | (2650) | | | 40 | 62 | |
| | 250 | | (2750) | | | 57 | 61 | |
| | 300 | — | (2920) | — | — | 64 | 59,5 | |
| | 350 | | (3100) | | | 60 | 59 | |
| | 400 | | (3030) | | | 50 | 58,5 | |
| | 450 | | (2950) | | | 40 | 58 | |
| | 500 | | (2900) | | | 30 | 59 | |
| 550 | | — | | | — | 51 | | |
| X12BMФ | 180 | | (2150) | | | 2 | HRC 62 | Закалка 1020°C, масло, 64 HRC. После отпуска охлаждение на воздухе |
| | 200 | | (2330) | | | 23 | 60,5 | |
| | 250 | | (2500) | | | 30 | 59 | |
| | 300 | — | (2650) | — | — | 36 | 58 | |
| | 350 | | (2759) | | | 40 | 58 | |
| | 400 | | (2840) | | | 44 | 58 | |
| | 450 | | (2750) | | | 40 | 58,5 | |
| | 500 | | (2500) | | | — | 60 | |
| 550 | | — | | | — | 58 | | |
| P9 | 200 | | 1030 | | | 10 | HRC — | Закалка 1230°C, масло. Отпуск трехкратный по 1 ч |
| | 300 | | 1080 | | | 52 | — | |
| | 400 | | 1270 | | | 49 | — | |
| | 500 | — | 1470 | — | — | 39 | — | |
| | 540 | | — | | | — | 65 | |
| | 580 | | — | | | — | 63 | |
| | 600 | | 1960 | | | 26 | — | |
| | 620 | | — | | | — | 60 | |
| 660 | | — | | | — | 53 | | |
| 06X12H3ДЛ | 20 | 585 | 760 | 21,8 | 64,0 | 100 | | — |
| | 100 | 556 | 711 | 20,5 | 67,0 | 154 | | |
| | 200 | 563 | 665 | 18,4 | 67,4 | 150 | — | |
| | 300 | 547 | 646 | 16,7 | 63,0 | 163 | | |
| | 350 | 512 | 622 | 14,5 | 55,0 | 165 | | |
| | 400 | 517 | 575 | 15,3 | 65,0 | 173 | | |

Примечание. В столбце σ_B в скобках даны значения $\sigma_{и}$ – предела прочности при изгибе

4. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ИСПЫТАНИЯ [1]

| Марка стали, сплава | t _{исп} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------------------------|--|
| СтЗкп | 20 | 205 | 386 | 37,0 | 59,7 | — | Лист толщиной 12 мм в состоянии поставки (образцы поперечные). 0,18% С; 0,02% Si; 0,41% Mn; 0,029% S; 0,014% P; 0,04% Cr; 0,04% Cu |
| | 100 | 192 | 370 | 26,7 | 59,7 | | |
| | 200 | 177 | 430 | 21,0 | 51,0 | | |
| | 300 | 158 | 451 | 23,3 | 49,1 | | |
| | 350 | 153 | 428 | 26,0 | 52,1 | | |
| | 400 | 153 | 395 | 35,3 | 61,7 | | |
| | 450 | 151 | 327 | 31,3 | 71,2 | | |
| СтЗсп | 20 | 206–343 | 422–520 | 28–37 | 56–68 | — | Лист и фасонный прокат в горячекатаном состоянии толщиной до 30 мм |
| | 200 | 216–284 | 500–559 | 16–28 | 41–55 | | |
| | 300 | 206–265 | 490–559 | 20–31 | 43–61 | | |
| | 400 | 157–255 | 275–490 | 34–43 | 60–73 | | |
| | 500 | 126–177 | 216–392 | 36–43 | 60–73 | | |
| СтЗГпс | 20 | 226–392 | 412–569 | 26–39 | 58–68 | — | Лист толщиной 12–50 мм в горячекатаном состоянии |
| | 200 | 216–392 | 451–579 | 18–24 | 46–59 | | |
| | 300 | 216–363 | 490–598 | 20–25 | 43–55 | | |
| | 400 | 196–265 | 451–530 | 22–31 | 48–63 | | |
| | 500 | 177–245 | 304–402 | 20–30 | 65–76 | | |
| Ст4пс | 20 | 240 | 390 | 33 | 70 | 108 | — |
| | 100 | 215 | 370 | 22 | — | 127 | |
| | 300 | 145 | — | — | — | 118 | |
| | 400 | 125 | 350 | 32 | 71 | 83 | |
| | 500 | 110 | 205 | 30 | 75 | 68 | |
| | 600 | 59 | 135 | 43 | 86 | 78 | |
| | 08 | 20 | 177 | 314 | 20 | 77 | |
| 200 | | 206 | 392 | 16 | 65 | 137,3 | |
| 300 | | 98 | 373 | 24 | 67 | 127,5 | |
| 400 | | 88 | 275 | 31 | 77 | 117,7 | |
| 500 | | 79 | 196 | 33 | 78 | 88,3 | |
| 650 | | 59 | 137 | 41 | 85 | 78,5 | |
| 08кп | 15 | 276 | 371 | 38,0 | 70,6 | 152,0 | В горячекатаном состоянии |
| | –40 | 288 | 383 | 30,0 | 74,4 | 22,6 | |
| | –80 | 338 | 453 | 34,7 | 75,1 | 4,4 | |
| | –183 | — | 806 | 2,8 | 0,6 | 3,9 | |
| 10 | 20 | 260 | 422 | 31,5 | 69,0 | 220,6 | Нормализация 900–920°С. Заготовка диаметром 45 мм |
| | 200 | 221 | 485 | 20,0 | 55,0 | 176,5 | |
| | 300 | 177 | 515 | 23,0 | 55,0 | 142,2 | |
| | 400 | 167 | 353 | 24,0 | 59,0 | 98,1 | |
| | 500 | 157 | 255 | 18,5 | 62,5 | 78,5 | |
| | 600 | 88 | 108 | 33,5 | 84,0 | 294,2 | |
| 15 | 20 | 245 | 451 | 32 | 69 | 176,5 | Нормализация 900–920°С |
| | 200 | 226 | 520 | 19 | 53 | 196,1 | |
| | 300 | 226 | 539 | 18 | 51 | 137,3 | |
| | 400 | 186 | 422 | 27 | 68 | 98,1 | |
| | 500 | 167 | 304 | 26 | 66 | 78,5 | |
| | 600 | 118 | 157 | 30 | 80 | 343,2 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|---------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|
| 20 | 20 | 282 | 433 | 34,3 | 66,0 | 213,8 | — |
| | 200 | 230 | 405 | 27,8 | 66,8 | 186,3 | |
| | 300 | 167 | 416 | 29,4 | 64,1 | 188,3 | |
| | 400 | 150 | 340 | 39,3 | 80,5 | 100,0 | |
| | 500 | 136 | 245 | 40,3 | 86,2 | 88,3 | |
| | 600 | 74 | 148 | 47,4 | 85,3 | 165,7 | |
| 25 | 20 | 314 | 490 | 28 | 58 | 78,5 | В состоянии поставки. 0,28% С; 0,25% Si; 0,64% Mn; 0,024% S; 0,019% P |
| | 200 | 324 | 559 | 12 | 44 | 98,1 | |
| | 300 | 196 | 539 | 22 | 57 | 88,3 | |
| | 400 | 167 | 461 | 25 | 65 | 68,6 | |
| | 500 | 147 | 333 | 28 | 70 | 49,0 | |
| | 600 | 69 | 157 | 44 | 92 | 78,5 | |
| 30 | 20 | 324 | 530 | 25 | 52 | 62,8 | В состоянии поставки |
| | 200 | 304 | 677 | 20 | 39 | 82,4 | |
| | 300 | 206 | 579 | 21 | 51 | 70,6 | |
| | 400 | 186 | 500 | 23 | 64 | 58,8 | |
| | 500 | 147 | 353 | 24 | 70 | 43,1 | |
| | 600 | 79 | 196 | 35 | 83 | 74,5 | |
| 35 | 20 | 324 | 530 | 25 | 52 | 58,8 | В горячекатаном состоянии. 0,36% С; 0,19% Si; 0,53% Mn; 0,018% S; 0,019% P |
| | 200 | 304 | 579 | 9 | 39 | 78,5 | |
| | 300 | 206 | 579 | 21 | 52 | 68,6 | |
| | 400 | 186 | 500 | 23 | 64 | 58,8 | |
| | 500 | 147 | 353 | 24 | 70 | 39,2 | |
| | 600 | 79 | 196 | 35 | 83 | 68,6 | |
| 40 | 20 | 363 | 657 | 24 | 50 | 58,8 | Нормализация 850°C. Отпуск 650°C |
| | 200 | 275 | 588 | 20 | 51 | 88,3 | |
| | 300 | 363 | 637 | 25 | 47 | 88,3 | |
| | 500 | 226 | 343 | 27 | 68 | 58,8 | |
| | 600 | 128 | 177 | 27 | 52 | 88,3 | |
| | 45 | 20 | 353 | 628 | 22 | 50 | |
| 200 | | 343 | 687 | 10 | 36 | 63,7 | |
| 300 | | 255 | 716 | 22 | 44 | 66,7 | |
| 400 | | 226 | 559 | 21 | 65 | 54,9 | |
| 500 | | 177 | 373 | 23 | 67 | 39,2 | |
| 600 | | 79 | 216 | 33 | 90 | 58,8 | |
| -196 | | 951 | 1040 | 14 | 28 | — | |
| 60 | 20 | 510 | 706 | 17 | 60 | — | Улучшение. 0,60% Cu; 0,60% Mn |
| | 200 | 530 | 687 | 14 | — | — | |
| | 300 | 451 | 559 | 27 | — | — | |
| | 500 | 324 | 461 | 30 | — | — | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------|---|---|--|--|--|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|---|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------|---|--|
| 22К | 20 | 245-294 | 500-520 | 22-26 | 50-61 | 83,4-112,8 | Без термообработки. Лист толщиной 30 мм | | | | | | | | | | | | | | |
| | 200 | 216-265 | 490-549 | 16 | 39-44 | 39,2-107,9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 300 | 216-235 | 520-569 | 21 | 48-51 | 73,5-103,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 400 | 226 | 451-530 | 21-24 | 59-63 | 49,0-76,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 500 | 196 | 284-314 | 19-29 | 60-68 | 44,1-59,8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 600 | 108-126 | 137-167 | 20-31 | 66-68 | 53,0-71,6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45Г | 200 300 400 500 | 370 285 265 220 | 760 740 590 520 | δ_{10} 10 20 20 37 | 22 35 47 52 | — | Нормализация 860°С (крупнозернистая структура) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 200 300 400 500 | 570 460 375 255 | 810 780 640 450 | 15 25 25 45 | 40 52 55 60 | — | Отжиг (мелкозернистая структура) | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 200 300 400 500 | 370 285 260 220 | 760 740 590 520 | δ_{10} 10 20 20 37 | 22 35 47 52 | — | Нормализация 830°С (крупнозернистая структура) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16ГС | 245-294 177-255 — 196-226 177-226 177-216 147-196 137 108-126 | 471-500 422-451 — 392-481 451-481 402-432 255-343 255 157-177 | 27-33 24-31 — 22-29 25-31 27-34 31-38 37 38-46 | 51-72 52-74 — 48-70 66-71 64-76 68-85 68 82-90 | 58,8-196,1 205,9-343,2 245,2-304,0 225,6-313,8 205,9-313,8 127,5-235,4 117,7-156,9 — 117,7-156,9 | Нормализация 950°С, охлаждение со скоростью 50°С/ч. Отпуск 600–750°С, выдержка 5 ч; охлаждение со скоростью 50°С/ч. Лист толщиной 4–160 мм. Образцы поперечные | | | | | | | | | | | | | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|---------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------|-------------------------|---|
| 35Г2 | 200 | 265 | 570 | δ_5 14 | — | — | Нормализация 870°С, воздух |
| | 300 | 235 | 580 | 19 | | | |
| | 400 | 215 | 490 | 23 | | | |
| 40Г2 | -20 | 450 | 800 | δ_{10} 18 | 40 | 59 | Отжиг 900°С, воздух, затем нагрев до 650°С, охлаждение с печью |
| | 100 | 410 | 740 | 17 | 40 | 78 | |
| 30Х | 300 | 570 | 790 | δ_5 25 | 65 | 127 | Закалка 860°С, масло. Отпуск 500°С. Пруток диаметром 40 мм |
| | 400 | 510 | 650 | 21 | 74 | 98 | |
| | 500 | 450 | 600 | 14 | 75 | 83 | |
| 38ХА | 20 | 883 | 981 | 18 | 60 | 117,7 | — |
| | -40 | — | — | — | — | 78,5 | |
| | -70 | 1000 | 1118 | 18 | 55 | 58,8 | |
| | -196 | 1383 | 1422 | 17 | 42 | 9,8 | |
| | 20 | | 696 | 28 | | | — |
| | 200 | | 716 | 23 | | | |
| | 300 | — | 657 | 23 | — | — | |
| | 350 | | 608 | 24 | | | |
| | 400 | | 539 | 25 | | | |
| | 40Х | 20 | 785 | 932 | 13 | 55 | 83,4 |
| 200 | | 706 | 883 | 15 | 42 | 117,7 | |
| 300 | | 677 | 873 | 17 | 58 | — | |
| 400 | | 608 | 687 | 18 | 68 | 98,1 | |
| 500 | | 432 | 490 | 21 | 80 | 78,5 | |
| 16ГНМА | 20 | 392-451 | 549-608 | 21-25 | 60-66 | 122,6-132,4 | Нормализация 930°С. Отпуск 670°С, выдержка 5 ч, охлаждение со скоростью 50°С/ч. 0,16% С; 1,22% Si; 1,16–1,37% Ni; 0,45–0,59% Мо. Лист толщиной 100 мм. Образцы поперечные |
| | 350 | 363-373 | 559-588 | 20-28 | 55-69 | 98,1-117,7 | |
| | 400 | 333-373 | 500-539 | 20-25 | 57-73 | 88,3-161,8 | |
| | 450 | 324-343 | 471-520 | 20-23 | 66-73 | 78,5-83,4 | |
| | 500 | 304-314 | 451-471 | 20-24 | 67-70 | 58,8-73,5 | |
| | 20 | 349 | 519 | 24,3 | 66,0 | 107,9-127,5 | Отпуск 660–680°С, 8–12 ч. 0,18% С; 0,77% Mn; 1,25% Ni; 0,44% Мо |
| | 350 | 326 | 501 | 20,0 | 62,3 | 133,4 | |
| | 370 | 321 | 495 | 18,7 | 54,8 | 137,3 | |
| | 400 | 326 | 477 | 19,7 | 59,9 | 126,5 | |
| | 450 | 283 | 428 | 19,3 | 69,8 | 117,7 | |
| | 500 | 275 | 388 | 17,7 | 76,6 | 78,5 | |
| | 600 | 249 | 283 | 16,7 | 85,5 | 98,1 | |
| 650 | 121 | 155 | 22,0 | 93,7 | 181,4 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | t _{исп} , °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------|-----------|-------------------------|---|
| 09Н2МФБА-А | -80 | 432-439 | 580-604 | 32,3-34,3 | 79,7-81,3 | — | Закалка 910°C. Отпуск 650°C; дополнительный отпуск 610–630°C, 5 ч; 640–660°C, 10 ч. Поковка-обечайка сечением 320 мм; масса 77 т. Подприбыльная часть. Направление вырезки – продольное, место вырезки – с глубины ≥ 1/3 толщины обечайки |
| | -50 | 396-401 | 541-546 | 32,3-33,3 | 82,9 | | |
| | 0 | 355-365 | 505-511 | 30,7-34,0 | 82,2-84,2 | | |
| | 20 | 371-382 | 489-493 | 30,7-31,0 | 84,2 | | |
| | 100 | 342 | 452 | 29,0-30,3 | 84,2 | | |
| | 150 | 329-331 | 436-438 | 26,7-27,3 | 84,2 | | |
| | 175 | 329 | 432 | 23,7-25,3 | 85,1 | | |
| | 200 | 324 | 438-441 | 23,6-26,0 | 84,2-85,1 | | |
| | 800 | 39-40 | 39-43 | 76,7-77,7 | 75,0-87,7 | | |
| | -80 | 428-445 | 593-602 | 30,3-35,7 | 79,8-81,4 | — | Закалка 910°C. Отпуск 650°C; дополнительный отпуск 610–630°C, 5ч; 640–660°C, 10 ч. Поковка-обечайка сечением 320 мм; масса 77 т. Донная часть. Направление вырезки – продольное, место вырезки – с глубины ≥ 1/3 толщины обечайки |
| | -50 | 391-393 | 542-554 | 31,7-33,0 | 82,9-84,2 | | |
| | 0 | 352-375 | 521-524 | 30,0-32,3 | 85,1 | | |
| | 20 | 375-378 | 498-502 | 28,3-29,0 | 81,4 | | |
| | 100 | 336-353 | 424-428 | 25,7-30,3 | 82,9 | | |
| | 150 | 330-336 | 404-406 | 25,7-29,0 | 84,2 | | |
| | 175 | 323-329 | 401-403 | 25,7-28,3 | 85,1 | | |
| | 200 | 320-322 | 398-399 | 27,7-28,7 | 81,4-82,9 | | |
| | 800 | 42-43 | 49-54 | 72,3-103,3 | 73,3-78,2 | | |
| | -80 | 426-446 | 573-577 | 37,3-40,0 | 81,4 | — | Закалка 910°C. Отпуск 650°C; дополнительный отпуск 610–630°C, 30 ч; 640–660°C, 30 ч. Поковка-плита толщиной 340 мм; масса 32 т. Подприбыльная часть. Направление вырезки – продольное, место вырезки с глубины ≥ 1/4 толщины плиты |
| | -50 | 406-414 | 549-556 | 33,3-38,7 | 81,4-82,9 | | |
| | 0 | 358 | 474-495 | 35,0-36,3 | 81,4-84,2 | | |
| | 20 | 382-384 | 470-479 | 33,3-36,7 | 84,2-85,1 | | |
| | 100 | 352-355 | 444-447 | 29,7-31,3 | 84,2-86,7 | | |
| | 150 | 338-344 | 435-436 | 28,0-29,7 | 82,9-86,7 | | |
| | 175 | 326-332 | 430-431 | 28,3-29,0 | 84,2-86,7 | | |
| | 200 | 343-344 | 449-451 | 28,3-29,3 | 84,2-85,1 | | |
| | 800 | 42 | 52-56 | 85,0-92,3 | 73,3-75,0 | | |
| | -80 | 425-446 | 572-599 | 33,3-35,7 | 78,2-79,8 | — | Закалка 910°C. Отпуск 650°C; дополнительный отпуск 610–630°C, 5ч; 640–660°C, 10 ч. Поковка-плита толщиной 340 мм; масса 32 т. Донная часть. Направление вырезки – продольное, место вырезки с глубины ≥ 1/4 толщины плиты |
| | -50 | 417-500 | 560-605 | 30,7-53,3 | 78,2-79,8 | | |
| | 0 | 405-447 | 523-553 | 32,3 | 84,2 | | |
| | 20 | 393-447 | 495-549 | 26,7-35,0 | 81,4-82,9 | | |
| | 100 | 357-436 | 458-518 | 25,0-29,0 | 83,6-84,2 | | |
| | 150 | 334-374 | 452-476 | 25,3-26,0 | 83,6 | | |
| | 175 | 336-409 | 445-509 | 23,3-27,3 | 84,2-84,9 | | |
| | 200 | 327-347 | 464-451 | 26,7 | 81,4-82,9 | | |
| | 800 | 42-43 | 60 | 63,3-71,6 | 62,3-66,0 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|---------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|
| 12МХ | 20 | 278 | 446 | 31,5 | 66,5 | 189 | Нормализация 920°С. Отпуск 680–690°С, воздух |
| | 300 | 286 | 474 | 20,3 | 57,4 | 156 | |
| | 400 | 252 | 449 | 22,9 | 62,0 | 178 | |
| | 450 | 253 | 428 | 21,6 | 60,3 | 97 | |
| | 500 | 235 | 397 | 22,1 | 61,8 | 94 | |
| | 550 | 220 | 357 | 21,6 | 63,7 | 77 | |
| | 600 | 220 | 305 | 25,8 | 64,3 | 142 | |
| 15ХМ | 20 | 343 | 529 | 25 | 67 | — | Нормализация 900–925°С. Отпуск 630–650°С, воздух |
| | 400 | 245 | 490 | 23 | 69 | | |
| | 450 | 245 | 481 | 21 | 74 | | |
| | 500 | 269 | 470 | 20 | 75 | | |
| | 550 | 245 | 412 | 21 | 78 | | |
| | 600 | 240 | 304 | 22 | 77 | | |
| 20ХМ | 20 | 441 | 554 | 24,0 | 68,0 | 117 | Закалка 860–870°С, масло. Отпуск 690–700°С, с печью. Радиальные образцы |
| | 370 | 363 | 500 | 22,0 | 66,0 | 186 | |
| | 470 | 358 | 470 | 23,0 | 73,5 | 176 | |
| | 520 | 333 | 426 | 21,0 | 73,0 | 122 | |
| | 570 | 314 | 368 | 22,0 | 80,0 | 98 | |
| 30ХМ, 30ХМА | 20 | 588 | 728 | 19,5 | 70,0 | 186,3 | Закалка 870–880°С, масло. Отпуск 650°С |
| | 200 | 495 | 662 | 20,5 | 96,5 | — | |
| | 300 | 525 | 716 | 21,0 | 68,5 | 205,9 | |
| | 400 | 481 | 633 | 22,0 | 75,0 | 199,1 | |
| | 450 | 456 | 579 | 23,0 | 77,0 | 154,9 | |
| | 500 | 427 | 500 | 22,0 | 80,0 | 142,2 | |
| | 600 | 422 | 461 | 21,0 | 82,0 | — | |
| 34ХМА | 20 | 422-510 | 608-706 | 17-22 | 54-61 | 49,0-98,1 | Образцы вырезаны из диска диаметром 755–915 мм, толщиной 35–110 мм, втулка диаметром 115–400 мм. 212–223 НВ. Образцы тангенциальные |
| | 100 | 441 | 618 | 18 | 57 | 107,9 | |
| | 200 | 422 | 613 | 16 | 52 | 107,9 | |
| | 300 | 397 | 588 | 16,5 | 51 | 83,4 | |
| | 400 | 392 | 549 | 17 | 54 | 78,5 | |
| | 450 | 392 | 525 | 16,5 | 68 | 78,5 | |
| | 500 | 353 | 441 | 18 | 74 | 58,8 | |
| | 550 | 333 | 397 | 18 | 75 | 55,9 | |
| | 600 | 235 | 255 | 24 | 85 | 73,5 | |
| 35ХМ | 20 | 772 | 878 | 22,6 | 66,0 | 189,3 | Закалка 880°С, масло. Отпуск 650°С |
| | 200 | 576 | 734 | 22,8 | 70,7 | 166,7 | |
| | 450 | 555 | 670 | 22,9 | 78,2 | 134,4 | |
| | 500 | 487 | 546 | 22,3 | 85,8 | 123,6 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|---------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------|-------------------------|--|
| 15ХФ | 800 | — | 57 | δ_{10} 23 | 62 | — | Отжиг. Скорость перемещения захватов испытательной машины 0,4–0,5 мм/мин. Образец диаметром 10 мм, длиной 100 мм |
| | 900 | | 47 | 26 | 34 | | |
| | 1000 | | 32 | 43 | 68 | | |
| | 1100 | | 24 | 46 | 94 | | |
| | 1200 | | 19 | 60 | 99 | | |
| 30ХГС, 30ХГСА | 20 | 941 | 1049 | 13 | 56 | 52,0 | Закалка 880°С, масло. Отпуск 560°С |
| | 250 | 834 | 1000 | 13 | 47 | 126,5 | |
| | 300 | 814 | 951 | 10 | 50 | 124,5 | |
| | 400 | 785 | 902 | 16 | 69 | 94,1 | |
| | 500 | 647 | 687 | 21 | 83 | 72,6 | |
| | 550 | 490 | 500 | 27 | 84 | 63,7 | |
| 12Х1МФ (ЭИ 575) | 20 | 323 | 520 | 25 | 55 | — | Нормализация 950–980°С. Отпуск 740–760°С, воздух |
| | 480 | 294 | 470 | 18 | 67 | | |
| | 500 | 215 | 304 | 22 | 78 | | |
| | 520 | 205 | 294 | 22 | 66 | | |
| | 560 | 186 | 225 | 23 | 74 | | |
| | 580 | 156 | 196 | 23 | 79 | | |
| 15Х1М1Ф | 20 | 340 | 557 | 23,2 | 62,5 | 35 | Нормализация 1020–1050°С. Отпуск 740–760°С. Труба \varnothing 325×72 мм |
| | 500 | 337 | 477 | 22,0 | 64,9 | — | |
| | 550 | 301 | 413 | 23,5 | 61,6 | — | |
| | 585 | 296 | 367 | 24,6 | 72,2 | — | |
| | 595 | 281 | 354 | 26,5 | 76,2 | — | |
| | 635 | 233 | 264 | 30,9 | 83,5 | — | |
| | 660 | 219 | 253 | 31,3 | 84,8 | — | |
| | 700 | 165 | 185 | 35,9 | 88,8 | — | |
| 25Х1МФ (ЭИ 10) | 20 | 794–1000 | 979–1049 | 16–19 | 60–64 | 78–98 | Закалка 930–950°С, масло. Отпуск 600–620°С |
| | 400 | 612 | 715 | 17,3 | 67,9 | — | |
| | 450 | 585 | 688 | 16,7 | 70,8 | — | |
| | 500 | 582 | 625 | 19,0 | 75,0 | — | |
| | 550 | 486 | 549 | 19,5 | 78,4 | — | |
| 25Х1М1Ф (Р2, Р2МА) | 20 | 647 | 774 | 21 | 65,5 | 127 | Закалка 950°С, масло. Отпуск 670–690°С, 8 ч. Диски диаметром 1020 мм, тангенциальные образцы (периферия) |
| | 500 | 510 | 603 | 14 | 71,5 | 108 | |
| | 565 | 500 | 510 | 15,5 | 76,5 | 108 | |
| | 580 | 456 | 480 | 18 | 81 | 103 | |
| | 600 | 431 | 456 | 16 | 73,5 | 108 | |
| | 20 | 657 | 780 | 198 | 57 | 83 | Закалка 950°С, масло. Отпуск 670–690°С, 8 ч. Диски диаметром 1020 мм, тангенциальные образцы (центр) |
| | 500 | 430 | 525 | 15,5 | 55 | 176 | |
| | 565 | 402 | 441 | 21 | 78 | 176 | |
| | 580 | 373 | 402 | 24 | 79,5 | 170 | |
| | 600 | 328 | 338 | 20 | 88,5 | 191 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|----------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------|------------|-------------------------|--|
| 20Х1М1Ф1ТР (ЭП 182) | 20 | 745-814 | 833-922 | 16-18 | 64-69 | 147-176 | Отжиг 950°С. Закалка 980–1050°С, масло. Отпуск 700°С |
| | 500 | 618 | 676 | 15-18 | 73-74 | 137-176 | |
| | 550 | 559 | 608 | 15 | 73 | 127 | |
| | 565 | 556 | 598 | 15-18 | 75-78 | 127-176 | |
| | 580 | 539 | 568 | 15-18 | 74 | 157-176 | |
| | 600 | 468-519 | 470-540 | 15-20 | 78 | 147-176 | |
| | 625 | 461-510 | 470-530 | 16-20 | 79 | 157-176 | |
| | 650 | 441-490 | 461-510 | 15-24 | 78 | 206 | |
| 700 | 353-402 | 373-470 | 15-23 | 82 | 284 | | |
| 20Х1М1Ф1БР (ЭП 44) | 20 | 725-745 | 843-882 | 16-17 | 64-67 | 49-98 | Нормализация 1100°С. Отпуск 725°С |
| | 525 | 598 | 647 | 16 | 69 | 108 | |
| | 550 | 529 | 569 | 12 | 75 | 163 | |
| | 565 | 500 | 530 | 12 | 75 | 156 | |
| | 580 | 461 | 490 | 11 | 74 | 137 | |
| 600 | 470 | 500 | 14 | 74 | 137 | | |
| 40ХН | 20 | | 789 | 17,5 | 47,7 | | Нормализация 850°С |
| | 200 | | 753 | 13,5 | 50,1 | | |
| | 300 | — | 687 | 19,8 | 46,7 | — | |
| | 400 | | 538 | 24,6 | 65,0 | | |
| | 500 | | 485 | 24,6 | 78,5 | | |
| | 600 | | 353 | 26,9 | 84,8 | | |
| 34ХН1М, 34ХН1МА | 20 | 579-628 | 775-804 | 19-23 | 68 | 196,1-245,2 | Закалка 860°С, масло. Отпуск 660°С |
| | 200 | 549 | 726 | 18-20 | 62-68 | — | |
| | 300 | 510 | 716 | 15 | 54-56 | — | |
| | 400 | 471 | 618-657 | 19-21 | 72 | — | |
| | 500 | 432-461 | 500-510 | 22-24 | 83-84 | — | |
| 12ХН2 | 17 | | 481 | 27 | 75 | | Отжиг при 680°С, 1 ч |
| | -196 | — | 873 | 19 | 22 | — | |
| | -253 | | 991 | 27 | 0 | | |
| | 17 | | 500 | 25 | 75 | | Отжиг при 800°С, 1 ч |
| | -196 | — | 843 | 20 | 52 | — | |
| | -253 | | 1167 | 0 | 2 | | |
| 20ХН2М (20ХНМ) | 20 | 1210 | 1420 | 5 | 21 | 38 | Закалка 860°С, масло. Отпуск 200°С, 2 ч, воздух |
| | -40 | 1260 | 1470 | 4 | 21 | — | |
| | -70 | 1280 | 1480 | 4 | 21 | — | |
| | 20 | 970 | 1010 | 12 | 42 | 52 | Закалка 860°С, масло. Отпуск 600°С, 2 ч, воздух |
| | -40 | 1010 | 1060 | 11 | 27 | — | |
| | -70 | 1030 | 1090 | 11 | 23 | — | |
| 30ХН2МА | 20 | 1100 | 1200 | δ_5 15 | 60 | 125 | Закалка; высокий отпуск |
| | 200 | 950 | 1100 | 16 | 63 | 120 | |
| | 400 | 800 | 950 | 20 | 75 | 100 | |
| | 500 | 700 | 800 | 20 | 80 | 70 | |
| | 600 | 450 | 540 | 30 | 93 | 105 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|-------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|
| 40ХН2МА (40ХНМА) | 20 | 951 | 1069 | 15,6 | 58,0 | 78,5 | Закалка 850°С, масло. Отпуск 580°С |
| | 200 | — | — | — | — | 104,0 | |
| | 250 | 834 | 1010 | 13,0 | 46,9 | 108,9 | |
| | 400 | 775 | 951 | 17,0 | 63,1 | 84,3 | |
| | 500 | 677 | 696 | 18,0 | 80,1 | 53,9 | |
| 12ХН3А | 20 | 724 | 873 | 16,8 | 70,7 | — | Цементация; закалка, охлаждение в масле. Отпуск 200°С, 3 ч. Образцы вырезались из детали после термообработки |
| | -183 | 1011 | 1236 | 21,3 | 63,5 | — | |
| 30ХН3А | 20 | 814 | 897 | 20,0 | 68,0 | — | Закалка 840°С, масло. Отпуск 600°С, 30 мин с охлаждением в масле |
| | -183 | 1157 | 1250 | 23,5 | 54,0 | — | |
| | 20 | 1390 | 1540 | 8 | 56 | — | Закалка 820°С, масло. Отпуск 300°С |
| | 250 | 1390 | 1460 | 12 | 57 | — | |
| | 20 | 1270 | 1320 | 9 | 59 | — | Закалка 820°С, масло. Отпуск 400°С |
| | 250 | — | 1250 | 13 | 65 | — | |
| | 400 | — | 730 | 17 | 75 | — | Закалка 820°С, масло. Отпуск 500°С |
| | 20 | 1030 | 1140 | 12 | 62 | — | |
| | 250 | — | 1090 | 13 | 67 | — | |
| | 400 | — | 730 | 17 | 76 | — | |
| 500 | — | 305 | 34 | 82 | — | — | |
| 34ХН3М, 34ХН3МА | 20 | 858 | 956 | 18,7 | 49,3 | 127,5 | Закалка 880°С, масло. Отпуск 690°С, 5 ч. Закалка 860°С, масло. Отпуск 640°С, 2 ч. Образцы продольные |
| | 100 | 837 | 940 | 16,3 | 62,3 | 135,3 | |
| | 200 | 763 | 905 | 15,7 | 39,9 | 149,1 | |
| | 300 | 718 | 915 | 16,7 | 55,6 | — | |
| | 400 | 701 | 863 | 21,0 | 69,8 | 145,1 | |
| | 500 | 539 | 610 | 18,3 | 75,0 | 101,0 | |
| | 600 | 456 | 483 | 25,0 | 89,0 | 108,9 | |
| | 700 | 158 | 179 | 46,7 | 95,5 | — | |
| 25Х2М1Ф (ЭИ 723) | 20 | 696-853 | 823-931 | 16-18 | 64-69 | 98-125 | Нормализация 1030–1050°С, нормализация 950–970°С. Отпуск 650–680°С |
| | 500 | 608-666 | 666-715 | 14-18 | 66-73 | 166 | |
| | 550 | 530-598 | 569-666 | 15-17 | 70-78 | 137 | |
| | 600 | 519-560 | 549-657 | 17-23 | 76-82 | 137 | |
| | 20 | 784-1050 | 882-1157 | 11-21 | 39-70 | 62 | Нормализация 1030–1050°С. Отпуск 650–660°С |
| | 500 | 676-764 | 764-824 | 14-19 | 65-71 | 86 | |
| | 550 | 637-716 | 686-745 | 17 | 74 | 74 | |
| | 600 | 519-686 | 549-706 | 16-22 | 70-77 | 94 | |
| | 600 | 519-686 | 549-706 | 16-22 | 70-77 | 94 | |
| | 650 | 519-539 | 549-569 | 20 | 73-78 | — | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|---------------------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|
| 12Х2МФБ (ЭИ 531) | 20 | 302 | 507 | 36,0 | 78 | 140 | Отпуск 860°C |
| | 500 | 250 | 382 | 35,3 | 78 | 179 | |
| | 550 | 230 | 354 | 31,3 | 78 | 179 | |
| | 580 | 222 | 320 | 32,7 | 81 | — | |
| | 600 | 215 | 305 | 34,0 | 80 | 165 | |
| | 620 | 200 | 276 | 33,5 | 85 | — | |
| | 650 | 150 | 236 | 38,0 | 85 | 166 | |
| 12Х2МФСР | 20 | 235-333 | 470-529 | 24-35 | — | 264-284 | Нормализация 970–980°C. Отпуск 760–780°C. Труба Ø 42×6 мм |
| | 560 | 220-290 | 300-360 | 26-34 | 82-87 | 225-274 | |
| | 580 | 196-235 | 265-343 | 28-34 | 81-85 | 245-264 | |
| | 610 | 176-206 | 235-264 | 32-39 | 80-85 | 215-274 | Нормализация 970–980°C. Отпуск 760–780°C. Труба Ø 273×36 мм |
| | 20 | 431-461 | 580-608 | 24-27 | 72-74 | 184-186 | |
| | 500 | 333-382 | 441-480 | 18-22 | 68-76 | — | |
| | 580 | 200-240 | 270-350 | 21-23 | 82-84 | 156-186 | |
| | 620 | 265-313 | 274-343 | 21-27 | 84-88 | 137-186 | |
| | 650 | 215-304 | 225-304 | 22-32 | 87-99 | — | |
| | 38Х2МЮА (38ХМЮА) | 20 | 853 | 961 | 19,0 | — | |
| 150 | | 775 | 892 | 15,0 | | | |
| 200 | | 706 | 853 | 16,5 | | | |
| 425 | | 598 | 716 | 21,0 | | | |
| 538 | | 441 | 608 | 25,0 | | | |
| 700 | | 165 | 185 | 35,9 | 88,8 | | |
| 18Х2Н4МА (18Х2Н4ВА) | 20 | 1089 | 1236 | 12 | 61 | 127,5 | Закалка 880°C, масло. Отпуск 560°C |
| | 200 | 1059 | 1187 | 12 | 60 | 137,3 | |
| | 300 | 1049 | 1196 | 14 | 64 | 117,7 | |
| | 400 | 961 | 1059 | 14 | 69 | 107,9 | |
| | 500 | 814 | 883 | 14 | 70 | 98,1 | |
| | 550 | 706 | 755 | 16 | 73 | 107,9 | |
| | 20 | — | 1314 | 13 | 54 | 107,9 | — |
| | -40 | | 1363 | 13 | 54 | 88,3 | |
| | -70 | | 1402 | 13 | 54 | 88,3 | |
| | -196 | | 1697 | 14 | 48 | 39,2 | |
| 20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579) | 20 | 735-814 | 873-912 | 13,0 | 45-50 | 34-44 | Закалка 1050°C, масло. Отпуск 700°C. Диск: диаметр 600–1000 мм, толщина 100 – 150 мм |
| | 200 | 696 | 785 | 12,5 | 54,5 | 67 | |
| | 300 | 696 | 780 | 10,0 | 38,5 | 88 | |
| | 400 | 657 | 725 | 9,5 | 33,0 | 83 | |
| | 500 | 578-608 | 598-627 | 11-15 | 44-52 | 78 | |
| | 550 | 510-549 | 530-560 | 10-11,5 | 44 | 58-78 | |
| | 580 | 480-500 | 490-539 | 11,0 | 27-40 | 58-78 | |
| | 600 | 450-470 | 461-480 | 10,0 | 25-34 | 58-78 | |
| | 20 | 588-686 | 686-784 | 12-18 | 41-68 | 39-107 | Нормализация 1050°C. Закалка 1000°C, масло. Отпуск 670°C, охлаждение с печью до 150°C. Поковка ротора из слитка 47 т, диаметр бочки 965–1075 мм |
| | 300 | 510-559 | 598-678 | 11,5-14,5 | 54-61 | 22-107 | |
| | 400 | 500-588 | ≥ 549 | 13-15,5 | 57-65 | 98-117 | |
| | 500 | 451-569 | 470-569 | 15-19,5 | 69-72 | 88-117 | |
| | 550 | 402-510 | 412-520 | 12-20,5 | 65-80 | 88-113 | |
| 600 | 343-451 | 363-460 | 17,5-23 | 70-84 | 88-108 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание | |
|--------------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--|--|
| 15Х5М (12Х5МА, Х5М) | 20 | 660 | 796 | 15,8 | 49,7 | — | Нормализация 1000°С. Отпуск 700°С, воздух | |
| | 200 | 582 | 683 | 15,3 | 68,2 | | | |
| | 300 | 553 | 668 | 14,7 | 65,0 | | | |
| | 400 | 533 | 654 | 14,1 | 64,0 | | | |
| | 500 | 464 | 550 | 19,0 | 75,0 | | | |
| | 600 | 301 | 414 | 22,1 | 84,3 | | | |
| | — | 20 | 229 | 514 | 31,4 | 74 | — | Отжиг 850–870°С, охлаждение в печи или на воздухе |
| | | 200 | 182 | 429 | 28,9 | 80 | | |
| | | 300 | 184 | 407 | 26,7 | 78,2 | | |
| | | 400 | 167 | 387 | 24,8 | 75,5 | | |
| | | 500 | 158 | 355 | 30,7 | 77,9 | | |
| | | 600 | 119 | 241 | 42,4 | 89,9 | | |
| 40ХФА | 20 | 843 | 922 | 26 | 63 | — | Закалка 850°С, масло. Отпуск 640°С. 0,43% С; 0,22% Si; 0,59% Mn; 1,14% Cr; 0,18% V | |
| | 200 | 804 | 902 | 22 | 46 | | | |
| | 300 | 745 | 843 | 18 | 35 | | | |
| | 400 | 706 | 853 | 28 | 50 | | | |
| | 500 | 402 | 490 | 30 | 65 | | | |
| | 600 | — | 373 | 51 | 80 | | | |
| 50ХФА | 20 | 858 | 941 | 22 | 62 | — | Закалка 850°С, масло. Отпуск 640°С | |
| | 200 | 818 | 912 | 16 | 62 | | | |
| | 300 | 755 | 858 | 20 | 59 | | | |
| | 400 | 716 | 851 | 16 | 62 | | | |
| | 500 | 418 | 501 | 26 | 74 | | | |
| | 600 | — | 385 | 30 | 87 | | | |
| 60С2, 60С2А | 20 | 1093 | 1275 | 11-13 | 32,5 | 24,5 | Закалка 860°С, масло. Отпуск 550°С. Заготовка диаметром 17 мм | |
| | 300 | 932 | 1226 | 15,0 | 41,0 | 43,1 | | |
| | 400 | 824 | 951 | 18,5 | 71,0 | 44,1 | | |
| | 500 | 510 | 593 | 22,5 | 37,0 | 43,1 | | |
| 95Х18 (9Х18, ЭИ 229) | 20 | — | — | — | — | — | Закалка 1050°С, масло, обработка холодом – 70°С. Отпуск 400°С | |
| | 200 | — | — | — | 1,2-1,8 | | | |
| | 300 | — | — | — | 1,2-2,2 | | | |
| | 400 | — | — | — | 1,2-2,2 | | | |
| 03Х8СЮЦ (ЭП 889) | 20 | 294 | 490 | 24 | 70 | — | Без термообработки | |
| | 800 | 49 | 58 | 45 | 98 | 245 | | |
| | 850 | 39 | 49 | 65 | 99 | 220 | | |
| | 1000 | 24,5 | 24,5 | 100 | 100 | 137 | | |
| | 1200 | 9,8 | 9,8 | 75 | 100 | 49 | | |
| 10Х9МФБ (ДИ 82) | –40 | — | — | — | — | КСУ | Нормализация 1030–1050°С. Отпуск 760–780°С. Лист толщиной 150 мм, образцы поперечные | |
| | –20 | — | — | — | — | 75 | | |
| | 0 | — | — | — | — | 90 | | |
| | 20 | 490 | 620 | 21,0 | 64,0 | 175 | | |
| | 100 | 451 | 549 | 17,7 | 67,0 | 220 | | |
| | 200 | 451 | 549 | 18,5 | 69,0 | — | | |
| | 300 | 430 | 520 | 16,0 | 66,0 | — | | |
| | 400 | 422 | 509 | 16,0 | 65,0 | — | | |
| | 450 | 353 | 461 | 15,0 | 67,0 | — | | |
| | 500 | 363 | 392 | 18,0 | 79,0 | — | | |
| | 550 | 343 | 382 | 18,0 | 75,0 | — | | |
| 600 | 314 | 343 | 21,5 | 81,0 | — | | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|--|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|
| 40Х9С2 (4Х9С2, ЭСХ 8) | 20 | 637 | 882 | 20 | 58 | — | Отжиг 850–870°С |
| | 200 | 549 | 823 | 18 | 64 | | |
| | 300 | 519 | 784 | 18 | 63 | | |
| | 400 | 451 | 784 | 18 | 62 | | |
| | 500 | 412 | 588 | 17 | 65 | | |
| | 600 | 392 | 519 | 17 | 80 | | |
| | 700 | 167 | 216 | 18 | 92 | | |
| | 800 | 49 | 78 | 22 | 99 | | |
| 40Х10С2М (4Х10С2М, ЭИ 107) | 20 | 666 | 941 | 19 | 40 | 29 | Закалка 1100°С, масло. Отпуск 800°С, вода |
| | 100 | 519 | 843 | 13 | 25 | — | |
| | 200 | 510 | 813 | 17 | 39 | 69 | |
| | 300 | 519 | 833 | 14 | 35 | 78 | |
| | 400 | 480 | 764 | 13 | 24 | 88 | |
| | 500 | 451 | 617 | 21 | 41 | 88 | |
| 15Х11МФ (1Х11МФ) | 20 | 539-657 | 725 | 17-20 | 66,0 | 147-167 | Нормализация 1080–1100°С. Отпуск 720–740°С, 2 ч |
| | 450 | 422-441 | 546 | 19 | 63,0 | 196-235 | |
| | 500 | 402-422 | 500-510 | 21-22 | 68-70 | 200 | |
| | 550 | 431-441 | 530 | 16,0 | 65-67 | 196 | |
| | 600 | 402 | 441 | 20 | 78-79 | 200-215 | |
| | 20 | 676-784 | 833-902 | 15-17 | 55-66 | 49-78 | Нормализация 1080–1100°С. Отпуск 670–680°С, 5 ч |
| | 500 | 520-530 | 578 | 18 | 69 | 147-176 | |
| | 550 | 520-549 | 578-608 | 14-15 | 64-65 | 127-137 | |
| | 600 | 500 | 530 | 17-18 | 75,0 | 137-176 | |
| | 12Х11В2МФ (типа ЭИ 756) | 20 | 721 | 871 | 17,7 | 54,7 | 155 |
| 600 | | 416 | 437 | 21,0 | 85,3 | 155 | |
| 650 | | 358 | 379 | 22,6 | 85,4 | 151 | |
| 20 | | 500-549 | 686-735 | 17-28 | 48-63 | 55-103 | Отпуск 690–710°С. Нормализация 1020–1050°С. Отпуск 720–730°С, 3 ч. Образцы тангенциальные (трубная заготовка диаметром 250 мм) |
| 400 | | 412-431 | 549-568 | 16-18 | 54-56 | 137-157 | |
| 500 | | 382-402 | 490-510 | 20-22 | 55-68 | 118-157 | |
| 565 | | 265-372 | 294-431 | 22-26 | 55-85 | 98-115 | |
| 600 | | 216-314 | 235-353 | 26-30 | 71-89 | 98-157 | |
| 650 | | 176-245 | 196-264 | 29-35 | 81-90 | 127-196 | |
| 700 | | 157-167 | 167-186 | 34-40 | 82-90 | — | |
| 18Х11МНФБ (2Х11МФБН, ЭП 291) | 20 | 559 | 745 | 16-29 | 61-66 | — | Нормализация 1100–1140°С. Отпуск 750°С, 10 ч |
| | 400 | 520 | 608 | 18 | 74 | | |
| | 500 | 461 | 490 | 20 | 81 | | |
| | 550 | 422 | 431 | 17 | 85 | | |
| | 600 | 353 | 372 | 19 | 87 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | t _{исп} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Примечание | |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|---------|-------------------------|--|--|
| 18Х12ВМБФР-Ш (ЭИ 993-Ш) | 20 | 657-804 | 882-980 | 14-18 | 46-60 | 59-108 | Закалка 1050–1100°С, масло. Отпуск 650–720°С, воздух | |
| | 300 | 627-667 | 774-961 | 11-17 | 48-60 | 88-137 | | |
| | 400 | 588-725 | 706-863 | 12-16 | 50-62 | 108-157 | | |
| | 450 | 559-706 | 657-833 | 12-17 | 51-64 | 108-168 | | |
| | 500 | 530-686 | 618-804 | 13-17 | 53-65 | 127-157 | | |
| | 550 | 490-647 | 559-735 | 13-22 | 55-71 | 127-168 | | |
| | 600 | 402-608 | 430-686 | 14-25 | 60-79 | 127-176 | | |
| | 650 | 392-569 | 440-625 | 16-21 | 65-78 | 157-196 | | |
| | 700 | 343-500 | 353-540 | 18-23 | 70-83 | 176-215 | | |
| | 700 | 304 | 315 | 25,3 | 83 | 166 | | Состояние поставки. Направление вырезки образцов – продольное |
| | 800 | 103 | 127 | 22,6 | > 90 | 300 | | |
| | 900 | 59 | 76 | > 97 | > 90 | 270 | | |
| | 1000 | 43 | 57 | > 60 | > 90 | 250 | | |
| | 1100 | 17 | 31 | 60,2 | > 90 | 155 | | |
| | 1200 | 10 | 14 | 57 | 75,9 | 49 | | |
| | | 500 | 559 | 620 | 12 | 40 | 80 | Состояние поставки. Направление вырезки образцов – поперечное |
| | | 600 | 422 | 450 | 19,8 | 63,7 | 86 | |
| | | 700 | 260 | 290 | 20,4 | 74 | 84 | |
| | | 800 | 98 | 120 | 31,6 | > 90 | 140 | |
| | | 900 | 52 | 77 | 90 | > 90 | 265 | |
| | | 1000 | 45 | 59 | 57 | > 90 | 250 | |
| 1100 | | 18 | 28 | 83 | > 90 | 124 | | |
| 1200 | | 14 | 16 | 64,5 | 71,2 | 35 | | |
| 10Х12НД | 20 | 539 | 637 | 14 | 30 | КСУ 78 | Закалка 950–1050°С, охлаждение со скоростью 30°С/ч. Отпуск 660–680°С, охлаждение с печью или на воздухе. Листовой прокат до 150 мм | |
| 15Х12ВНМФ (ЭИ 802, ЭИ 952) | 20 | 696-735 | 834-873 | 15-18 | 55-58,5 | 93-118 | Закалка 1050°С, масло. Отпуск 700°С, воздух. Образцы продольные (сортовой прокат диаметром 40–120 мм) | |
| | 300 | 603-618 | 725-735 | 14-15 | 59-63 | 127-147 | | |
| | 400 | 569-588 | 672-677 | 13-14 | 55-62 | 137-147 | | |
| | 500 | 520-569 | 546-574 | 14,5-15 | 59-78 | 118-147 | | |
| | 550 | 451-470 | 500-520 | 18-19 | 78-79 | 127-137 | | |
| | 565 | 431-451 | 451-470 | 17-19 | 68-79 | 137-147 | | |
| | 580 | 412-441 | 436-446 | 21-22 | 79-86 | 127-147 | | |
| | 600 | 353-372 | 372-397 | 20-23 | 79-88 | 132-147 | | |
| | 650 | 274-314 | 294-343 | 26 | 86,5 | 152 | | |
| 06Х12НЗД | 20 | 784 | 851 | 22,7 | 70,7 | КСУ 153 | Закалка 960°С, закалка 790°С. Отпуск 590°С. Лист, поковки до 550 мм | |
| | 360 | 638 | 678 | 19,6 | 71,8 | 141 | | |
| | 400 | 607 | 653 | 16,9 | 65,3 | 122 | | |
| | 430 | 595 | 642 | 11,2 | 66,0 | 145 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | t _{исп} , °C | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|---|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------|--------|-------------------------|---|
| 10X12H3M2ФА (Ш), 10X12H3M2ФА-А (Ш) | 20 | 1059 | 1205 | 13,7 | 59,1 | 74 | Закалка, отпуск. Поковки дисков диаметром 2000 мм, толщиной 650 мм |
| | 250 | 1042 | 1145 | 11,4 | 61,1 | — | |
| | 370 | 935 | 1027 | 10,1 | 58,8 | — | |
| | 440 | 925 | 1009 | 10,3 | 59,9 | — | |
| 37X12H8Г8МФБ (ЭИ 481) | 20 | 588-784 | 922- 1060 | 16-24 | 24-43 | 31-51 | Образцы продольные (сортовой прокат) |
| | 550 | 470 | 647-696 | 12-16 | 36-40 | 73 | |
| | 600 | 450-559 | 588-686 | 10-16 | 36-44 | 49-78 | |
| | 650 | 421-530 | 549-628 | 11-19 | 34-45 | 49-78 | |
| | 700 | 372-520 | 490-578 | 10-18 | 23-39 | 68 | |
| | 20 | 569-755 | 833- 1030 | 12-24 | 9,5-35 | 24-46 | Образцы тангенциальные (диск) |
| 650 | 421-575 | 470-618 | 10-16 | 25-44 | — | | |
| 08X13 (0X13, ЭИ 496) | 20 | 274-353 | 461-510 | 25-37 | 73-80 | 235-323 | Закалка 1000–1020°C, вода. Отпуск 680–720°C, 12 ч |
| | 100 | 274-294 | 431 | 28-29 | 77-79 | 353 | |
| | 200 | 245-274 | 402-421 | 27-29 | 75-78 | 333-372 | |
| | 300 | 235-274 | 382-402 | 22-27 | 73-77 | 333-363 | |
| | 400 | 216-255 | 343-470 | 23-26 | 71-79 | 343-363 | |
| | 450 | 196-245 | 314-323 | 23-30 | 72-77 | 323-343 | |
| | 500 | 186-225 | 216-284 | 26-37 | 73-84 | 294-323 | |
| | 600 | 147-167 | 167-181 | 34-45 | 87-89 | 245-265 | |
| 12X13 (1X13) | 20 | 568-588 | 696-735 | 19-22 | 66-68 | 137-167 | Закалка 1030–1050°C, масло. Отпуск 700–750°C |
| | 400 | 461-490 | 568 | 13-15 | 64-67 | 176-225 | |
| | 470 | 461-490 | 549 | 13 | 67 | 235 | |
| | 500 | 441-470 | 519-539 | 15-18 | 69 | 186-245 | |
| | 550 | 412 | 451 | 20 | 73 | — | |
| | 600 | 314-412 | 333-451 | 20-27 | 79-85 | 186-265 | |
| 20X13 (2X13) | –40 | — | — | — | — | 50 | Нормализация 1000–1020°C. Отпуск 730–750°C |
| | –20 | — | — | — | — | 59 | |
| | 20 | 510 | 715 | 21 | 66 | 64-171 | |
| | 300 | 392 | 539 | 18 | 66 | 196 | |
| | 400 | 392 | 519 | 16,5 | 58,5 | 196 | |
| | 450 | 372 | 480 | 17,5 | 57 | 235 | |
| | 475 | 412 | 480 | 24,5 | 71 | — | |
| | 500 | 353 | 431 | 32,5 | 75 | 245 | |
| 550 | 274 | 343 | 36,5 | 83 | 216 | | |
| 30X13 (3X13) | 20 | 701 | 941 | 16,0 | 52,0 | 54 | Закалка 1000°C, воздух. Отпуск 650°C, 2–3 ч. Пруток |
| | 200 | 657 | 818 | 14,0 | 57,5 | 127 | |
| | 300 | 627 | 774 | 13,0 | 53,0 | 123 | |
| | 400 | 573 | 706 | 12,5 | 52,5 | 157 | |
| | 450 | — | — | — | — | 167 | |
| | 500 | 529 | 608 | 14,0 | 54,5 | 162 | |
| | 550 | 485 | 529 | 16,5 | 69,5 | 157 | |
| 600 | 412 | 451 | 21,0 | 80,5 | 157 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | t _{исп} , °С | σ _{0,2} , Н/мм ² | σ _в , Н/мм ² | δ, % | ψ, % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|---|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------|--|---|
| 40X13 (4X13) | 20 | 710-898 | 931-1092 | 12,5-14,5 | 32,0-41,5 | 12,0-24,5 | Нормализация 1050–1100°С. Отпуск 600–650°С |
| | 200 | 813 | 941 | 11,0 | 40,0 | 49,0 | |
| | 300 | 715 | 902 | 10,0 | 38,5 | 68,6 | |
| | 400 | 671 | 779 | 11,5 | 45,0 | 73,5 | |
| | 500 | 466 | 519-539 | 18,0-19,5 | 67,0-76,5 | 78,4-132 | |
| | 600 | 255 | 304 | 21,0 | 8,4 | 117,6 | |
| 12X13Г12АС2Н2 (ДИ 50) | 100 | 382 | 810 | 66 | 71 | — | Аустенитизация |
| | 200 | 295 | 605 | 61 | 74 | | |
| | 300 | 260 | 580 | 50 | 73 | | |
| | 400 | 220 | 580 | 46 | 71 | | |
| | 500 | 210 | 520 | 46 | 70 | | |
| | 600 | 200 | 460 | 47 | 70 | | |
| 10X13Г12С2Н2ДБ (ДИ 59) | 100 | 372 | 588 | 63 | — | — | Аустенитизация |
| | 200 | 333 | 510 | 52 | | | |
| | 300 | 314 | 480 | 44 | | | |
| | 400 | 294 | 451 | 38 | | | |
| | 500 | 284 | 431 | 36 | | | |
| | 650 | 118 | 294 | 20 | | | |
| 08X14МФ | -40 | — | — | — | — | КСУ 12 22 57 109 161 — — — — — — — | Нормализация 1000–1030°С. Отпуск 750–780°С. Трубная заготовка |
| | -20 | | | | | | |
| | -10 | | | | | | |
| | 0 | | | | | | |
| | 20 | | | | | | |
| | 100 | | | | | | |
| | 200 | | | | | | |
| | 300 | | | | | | |
| | 400 | | | | | | |
| | 450 | | | | | | |
| | 500 | | | | | | |
| | 530 | | | | | | |
| | 550 | | | | | | |
| 03X14ГНФ-ВИ | -70 | — | — | — | — | 43 78 83 86 96 — — — — | Отжиг 670–700°С |
| | -50 | | | | | | |
| | -20 | | | | | | |
| | 0 | | | | | | |
| | 20 | | | | | | |
| | 675 | | | | | | |
| | 725 | | | | | | |
| | 785 | | | | | | |
| 865 | | | | | | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп},$ °C | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_B,$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | Примечание | | |
|---------------------------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------|---|--|---|---|
| 10X14Г14Н4Г (X14Г14Н3Г, ЭИ 711) | 20 | 270 | 730 | 62 | 67 | 320 | Закалка 1050°C, вода | | |
| | 100 | 196 | 480 | 59 | 78 | > 370 | | | |
| | 200 | 176 | 412 | 45 | 76 | > 370 | | | |
| | 300 | 147 | 402 | 43 | 75 | > 370 | | | |
| | 400 | 147 | 402 | 41 | 75 | > 370 | | | |
| | 500 | 137 | 382 | 40 | 74 | > 370 | | | |
| | 600 | 118 | 323 | 35 | 74 | > 370 | | | |
| | 700 | 108 | 245 | 38 | 60 | > 370 | | | |
| 05X14Н5ДМ | -80 | — | — | — | — | 141 | Нормализация 950°C, 10 ч. Отпуск 610°C, 20 ч | | |
| | | | | | | 130 | | | |
| | | | | | | 118 | | | |
| | +20 | — | — | — | — | — | | 148 | |
| | | | | | | | | 164 | |
| | 167 | | | | | | | | |
| | +350 | — | — | — | — | — | | 182 | |
| | | | | | | | | 195 | |
| | | | | | | | | 152 | |
| | -80 | — | — | — | — | — | | 21 | Нормализация 950°C, 10 ч. Отпуск 610°C, 20 ч. Старение 450°C, 3000 ч |
| | | | | | | | | 27 | |
| | | | | | | | | 20 | |
| | +20 | — | — | — | — | — | | 87 | |
| | | | | | | | | 76 | |
| | | | | | | | | 75 | |
| | +350 | — | — | — | — | — | | 103 | |
| 117 | | | | | | | | | |
| 94 | | | | | | | | | |
| +20 | 635 | 840 | 20 | 55 | — | Нормализация: 950°C, 12 ч, воздух; 2-я нормализация 800°C, 16 ч, воздух. Отпуск 610°C, 35 ч | | | |
| -50 | 616 | 946 | 23,6 | 53,6 | | | | | |
| -100 | 650 | 998 | 23,7 | 52,9 | | | | | |
| -150 | 753 | 1162 | 22,2 | 49,3 | | | | | |
| -196 | 818 | 1425 | 23,5 | 31,3 | | | | | |
| +20 | 618 | 841 | 21,5 | 53,6 | | | — | Нормализация 950°C, 12 ч; 2-я нормализация 800°C, 16 ч, воздух. Отпуск: 610°C, 8 ч | |
| -50 | 618 | 948 | 23,3 | 60,7 | | | | | |
| -100 | 640 | 1011 | 24,0 | 53,3 | | | | | |
| -150 | 736 | 1159 | 22,1 | 50,5 | | | | | |
| -196 | 815 | 1461 | 22,0 | 33,8 | | | | | |
| 20 | 990-995 | 1147- 1152 | 11,0- 12,4 | 43,0- 52,7 | 165,6- 179,3 | Нормализация 1030–1050°C. Отпуск 600–620°C. Поковки | | | |
| 360 | 828-858 | 1000- 1049 | 12,0- 16,0 | 49,0- 51,4 | 115,6- 117,6 | | | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание | |
|-------------------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--|--|
| 05X14H5ДМ | 20 | 996-1019 | 1049-1078 | 12,4-14,0 | 43,7-48,6 | 110,7-116,6 | Нормализация 1030–1050°С. Отпуск 570–580°С. Лист – 200 мм | |
| | 360 | 804-823 | 907-921 | 10,0 | 43,7-47,4 | 96,0 | | |
| | 20 | 723 | 884 | 22,0 | 68,8 | 169 | Нормализация 950°С, 10 ч. Отпуск 610°С, 20 ч. Поковки | |
| | 350 | 645 | 755 | 15,0 | 62,3 | 180 | | |
| | 400 | 611 | 737 | 14,0 | 58,9 | 175 | | |
| | 450 | 591 | 715 | 14,3 | 62,3 | 168 | | |
| | 20 | 798 | 955 | 22,5 | 58,7 | 81 | Нормализация 950°С, 10 ч. Отпуск 610°С, 20 ч. Старение 450°С, 3000 ч. Поковки | |
| | 350 | 696 | 768 | 13,8 | 44,9 | 106 | | |
| | 400 | 665 | 752 | 14,2 | 37,0 | 98 | | |
| | 450 | 608 | 690 | 15,7 | 48,4 | 93 | | |
| | 1X14H14B2M (ЭИ 257) | 20 | 254-284 | 549-618 | 44-68 | 60-68 | 127-235 | Закалка 1150–1175°С, вода. Старение 750°С, 5 ч. Образцы продольные (труба диаметром 68–102 мм) |
| | | 500 | 181 | 524 | 41,1 | 55,7 | 260 | |
| 580 | | 147-166 | 420-500 | 36-44 | 57-60 | 137-205 | | |
| 650 | | 117-147 | 274-460 | 33-40 | 48-49 | 245-274 | | |
| 700 | | 117-137 | 274-480 | 32-35 | 32-60 | 156-225 | | |
| 45X14H14B2M (ЭИ 69) | 20 | 372 | 774 | 37,0 | 48,0 | 96 | Закалка 1175°С, вода. Старение 150°С | |
| | 500 | — | — | — | — | 73 | | |
| | 550 | 245 | 568 | 22,0 | 31,0 | — | | |
| | 600 | 250 | 490 | 15,5 | 16,0 | 65 | | |
| | 650 | 235 | 436 | 12,5 | 24,5 | 74 | | |
| | 700 | 215 | 338 | 10,5 | 22,0 | 77 | | |
| | 750 | 196 | 274 | 8,8 | 17,5 | 81 | | |
| 09X14H19B2БР (ЭИ 695Р) | –100 | — | — | — | — | 235 | Закалка 1100–1150°С, вода или воздух | |
| | –80 | — | — | — | — | 245 | | |
| | –60 | — | — | — | — | 274 | | |
| | –40 | — | — | — | — | 284 | | |
| | –20 | — | — | — | — | 294 | | |
| | 0 | — | — | — | — | 245 | | |
| | 20 | 196-284 | 470-627 | 42-51 | 61-73 | 137-323 | | |
| | 500 | 127-147 | 392-441 | 28-32 | 57-58 | 343-372 | | |
| | 600 | 127-176 | 392-441 | 27-34 | 47-63 | 186-362 | | |
| | 650 | 108-166 | 343-430 | 24-33 | 49-62 | 186-353 | | |
| | 700 | 108-147 | 304-430 | 25-48 | 46-69 | 117-323 | | |
| 750 | 108-117 | 245 | 43 | 74 | 134 | | | |
| 800 | 137 | 176 | 52 | 75 | 304 | | | |
| 09X14H19B2БР1 (ЭИ 726) | –100 | — | — | — | — | 137-156 | Аустенитизация 1140–1160°С, воздух. Старение 750°С, 25 ч. Образцы продольные (сортовой прокат) | |
| | –80 | — | — | — | — | 137-176 | | |
| | –60 | — | — | — | — | 157-186 | | |
| | –40 | — | — | — | — | 137-166 | | |
| | –20 | — | — | — | — | 147-186 | | |
| | 0 | — | — | — | — | 176-196 | | |
| | 20 | 196-284 | 530-618 | 28-41 | 31-63 | 98-196 | | |
| | 600 | 157-206 | 392-470 | 26-32 | 48-53 | 137-215 | | |
| | 650 | 157-196 | 353-431 | 26-31 | 52-57 | 176-196 | | |
| 700 | 147-186 | 324-392 | 27-35 | 52-58 | 147-190 | | | |
| 800 | 137 | 240 | 35 | 59 | — | | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|--|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--|
| 09X14H19B2BP1 (ЭИ 726) | 20 | 225-264 | 520-568 | 36-42 | 48-64 | 147-196 | Аустенитизация 1130–1160°C, вода. Старение 740–760°C, 20–25 ч, охлаждение с печью до 200°C. Образцы тангенциальные (поковка диска) |
| | 600 | 156-176 | 382-420 | 26-33 | 54-58 | 166-254 | |
| | 650 | 156-160 | 333-372 | 29-34 | 53-63 | 157-186 | |
| | 700 | 156-166 | 284-372 | 32-34 | 56-71 | 152 | |
| 08X15H24B4TP (ЭП 164) | 20 | 490-588 | 735-882 | 20-30 | 30 | 117-176 | Закалка 1130–1150°C, воздух. Отпуск 730–750°C, 16 ч, воздух |
| | 650 | 441-539 | 637-686 | 18-25 | 30-40 | 98-147 | |
| | 700 | 392-441 | 588-637 | 18-25 | 30-40 | 18-147 | |
| | 750 | 343-392 | 490-539 | 20-30 | 40-50 | 98-166 | |
| 08X16H9M2 (X16H9M2) | 20 | 225 | 627 | 70 | 77 | — | Закалка 1100°C, 2 ч, воздух. Пруток |
| | 200 | 166 | 430 | 50 | 74 | | |
| | 300 | 147 | 420 | 45 | 68 | | |
| | 400 | 127 | 420 | 44 | 67 | | |
| | 600 | 127 | 382 | 43 | 69 | | |
| | 800 | 98 | 176 | 49 | 73 | | |
| | 20 | 245-294 | 530-580 | 65-80 | 65-80 | 324-362 | Закалка 1100°C, 2 ч, воздух. Поковки |
| | 650 | 98-147 | 294-324 | 37-47 | 65-77 | 215-304 | |
| 08X16H13M2Б (ЭИ 405, ЭИ 680) | 20 | 225-284 | 607-676 | 45-64 | 68-70 | 205-225 | Аустенитизация 1100–1130°C. Образцы продольные (сортовой прокат) |
| | 500 | 171 | 480 | 30 | 50,5 | — | |
| | 600 | 166 | 460 | 29 | 55 | — | |
| | 650 | 112 | 430 | 27 | 57 | — | |
| | 20 | 196-284 | 550-640 | 30-48 | 35-54 | 98-118 | Аустенитизация 1100–1130°C. Старение 750°C, 10–12 ч. Образцы тангенциальные (поковки) |
| | 500 | 156-176 | 460-502 | 31-35 | 33-46 | 98-196 | |
| | 550 | 147-166 | 440-490 | 31-33 | 31-46 | 78-157 | |
| | 600 | 147-166 | 420-470 | 29-34 | 34-46 | 88-166 | |
| 650 | 147-166 | 400-440 | 28,5 | 34-46 | 88-156 | | |
| 10X16H14B2BP (1X16H14B2BP, ЭП 17) | –80 | — | — | — | — | 157-180 | Аустенитизация 1100–1150°C |
| | –40 | | | | | 166-186 | |
| | –20 | | | | | 176-200 | |
| | 0 | | | | | 176-196 | |
| | 20 | 225-323 | 529-627 | 45-67 | 61-77 | 176-254 | |
| | 600 | 142-205 | 372-400 | 30-35 | 60-64 | 245-284 | |
| | 650 | 137-176 | 360-430 | 26-37 | 52-68 | 225-304 | |
| | 700 | 137-176 | 330-380 | 27-38 | 30-70 | 186-333 | |
| | 750 | 127-176 | 265-325 | 21-37 | 30-69 | 186-294 | |
| | 800 | 127-176 | 215-314 | 19-40 | 24-76 | 186-303 | |
| | 900 | 127 | 176 | 50 | 90 | — | |
| | 1000 | 78 | 108 | 64 | 94 | — | |
| 1050 | 49 | 78 | 60 | 98 | — | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|--|--|---|---|--|---|--|---|
| 3Х16Н22В6Б (ЦЖ 13) | 20 750 | 441-470 255-265 | 764-794 353-421 | 28-32 — | 33-39 — | 59-88 — | Закалка 1150–1170°С, вода. Отпуск 800°С, 10 ч, воздух |
| 08Х17Т (0Х17Т, ЭИ 645) | 20 200 300 400 500 600 700 800 900 1100 1200 | — | 460 390 330 280 245 195 155 78 59 59 59 | 30 31 32 33 35 36 37 54 90 110 111 | — | 20 98 127 137 118 167 196 176 167 147 78 | Отжиг 760°С, воздух |
| 12Х17 (Х17, ЭЖ 17) | 20 100 200 300 600 | 314 294 265 255 147 | 510 451 461 441 196 | 28 27 26 25 60 | 70 — | — | Отжиг 780°С, воздух |
| 14Х17Н2 (1Х17Н2, ЭИ 268) | 20 500 | 647-715 480-520 | 833-882 549-656 | 18-22 17—18 | 60-66 63-70 | 118-157 167-176 | Закалка 950–1030°С, масло. Отпуск 600–700°С, воздух. Пруток |
| | 20 300 400 500 600 | 676-696 608-627 598-627 500-539 284-314 | 872-892 735-764 735-755 559-608 333-343 | 16 11-13 11-12 15 28-30 | 52-55 50-53 45 54-56 83 | 88-98 108-127 98-118 108-118 127 | Отжиг с переохлаждениями, закалка 960–980°С, масло. Отпуск 640–670°С. Поковка диска диаметром 700 мм, толщиной 30–80 мм |
| 02Х17Н11М2 | 20 400 | 190 110 | 490 390 | 45 — | — — | — — | Для толщины 10 мм и выше |
| 10Х17Н13М2Т (Х17Н13М2Т, ЭИ 448) | 800 900 1000 1100 1200 1250 | 167 129 73 41 22 18 | 235 143 81 46 27 21 | 26,6 38,5 34,5 40,5 77,3 79,6 | 44,1 59,0 64,0 84,0 99,3 100,0 | — | — |
| 10Х17Н13М3Т (Х17Н13М3Т, ЭИ 432) | 20 20 | 200 — | 550-900 1100 | — — | — — | — — | Закалка 1050–1080°С, вода. Проволока Проволока нагартованная |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|---|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|------------------------------------|
| 015X18M2Б-ВИ (ЭП 882-ВИ) | 0 | — | — | — | — | КСУ 9-128 | Отжиг 950°C, выдержка 1 ч, вода |
| | 10 | — | — | — | — | 43-294 | |
| | 20 | 273 | 461 | 42,6 | 81,2 | 300 | |
| | 50 | 256 | 434 | 39,1 | 79,4 | 300 | |
| | 100 | 244 | 417 | 37,5 | 80,6 | 300 | |
| | 150 | 217 | 391 | 35,1 | 80,6 | — | |
| | 200 | 220 | 396 | 34,8 | 80,6 | — | |
| | 250 | 207 | 388 | 33,3 | 80,2 | — | |
| | 300 | 205 | 366 | 33,1 | 79,8 | — | |
| 350 | 198 | 379 | 32,0 | 79,8 | — | | |
| 12X18H9 (X18H9) | 600 | 221 | 520 | 48 | 44 | 196 | Закалка 1130°C, вода |
| | 700 | 182 | 340 | — | 47 | 137 | |
| | 800 | 162 | 185 | 60 | 78 | 147 | |
| | 900 | 83 | 95 | 86 | 86 | 157 | |
| | 1000 | 34 | 55 | 90 | 87 | 157 | |
| | 1100 | 20 | 25 | 109 | 90 | 206 | |
| 12X18H9Т (X18H9Т) | 20 | 225-314 | 549-647 | 46-74 | 66-80 | 216-372 | Закалка 1050–1100°C, воздух |
| | 500 | 137-206 | 392-441 | 30-42 | 60-70 | 196-353 | |
| | 550 | 137-206 | 382-451 | 31-41 | 61-68 | 216-353 | |
| | 600 | 118-206 | 343-412 | 28-38 | 51-74 | 196-353 | |
| | 650 | 118-196 | 274-392 | 27-37 | 52-73 | 245-353 | |
| | 700 | 118-196 | 265-363 | 20-38 | 40-70 | 255-353 | |
| 17X18H9 (2X18H9) | 540 | 461 | 671 | 50 | — | — | Закалка 1050–1100°C, воздух |
| | 650 | 382 | 549 | 40 | — | — | |
| | 760 | 216 | 642 | 58 | — | — | |
| 08X18H10 (0X18H10) | 20 | 210 | 570 | 60 | 70 | — | Закалка 1050–1100°C, воздух |
| | 400 | 110 | 410 | 46 | 69 | — | |
| | 480 | 98 | 380 | 45 | 69 | — | |
| | 600 | 82 | 330 | 39 | 58 | — | |
| | 650 | 76 | 290 | 37 | 44 | — | |
| | 700 | 74 | 235 | 35 | 36 | — | |
| | 750 | 73 | 185 | 31 | 28 | — | |
| | 800 | 69 | 150 | 30 | 28 | — | |
| 08X18H10Т (0X18H10Т, ЭИ 914) | 20 | 275 | 610 | 41 | 63 | 245 | Закалка 1050–1100°C, вода |
| | 300 | 200 | 450 | 31 | 65 | — | |
| | 400 | 175 | 440 | 31 | 65 | 313 | |
| | 500 | 175 | 440 | 29 | 65 | 363 | |
| | 600 | 175 | 390 | 25 | 61 | 353 | |
| | 700 | 160 | 270 | 26 | 59 | 333 | |
| 12X18H10Т | 20 | 225-314 | 549-647 | 46-74 | 66-80 | 216-372 | Закалка 1050–1100°C, воздух |
| | 500 | 137-206 | 392-441 | 30-42 | 60-70 | 196-353 | |
| | 550 | 137-206 | 382-451 | 31-41 | 61-68 | 216-353 | |
| | 600 | 118-206 | 343-412 | 28-38 | 51-74 | 196-353 | |
| | 650 | 118-196 | 274-392 | 27-37 | 52-73 | 245-353 | |
| | 700 | 118-196 | 265-363 | 20-38 | 40-70 | 255-353 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание | |
|--|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--|---------------------------|
| 12Х18Н12Т (Х18Н12Т) | 20 | 225-314 | 549-647 | 46-74 | 66-80 | 216-372 | Закалка 1050–1100°С, воздух | |
| | 500 | 137-206 | 392-441 | 30-42 | 60-70 | 294-353 | | |
| | 550 | 137-206 | 382-451 | 31-41 | 61-68 | 216-353 | | |
| | 600 | 137-206 | 343-412 | 28-38 | 51-74 | 196-353 | | |
| | 650 | 137-196 | 274-392 | 27-37 | 52-73 | 245-353 | | |
| | 700 | 137-196 | 265-363 | 20-38 | 40-70 | 255-353 | | |
| 36Х18Н25С2 (4Х18Н25С2, ЭЯ 3С) | 20 | 539 | 838 | 17,2 | 18,3 | 29 | Закалка 1200°С, вода. Отпуск 800°С, 8 ч | |
| | 200 | 444 | 686 | 10,0 | 17,5 | — | | |
| | 400 | 416 | 710 | 14,5 | 26,0 | 56 | | |
| | 500 | 402 | 686 | 15,5 | 28,0 | 67 | | |
| | 600 | 395 | 568 | 13,3 | 24,5 | 56 | | |
| | 700 | 338 | 426 | 18,5 | 29,5 | 73 | | |
| | 800 | 245 | 260 | 8,5 | 6,5 | — | | |
| 01Х19Ю3БЧ-ВИ (02Х18Ю3Б-ВИ, ЭП 904-ВИ) | –20 | — | — | — | — | 261-288 | Отжиг 900°С, 1 ч, вода | |
| | 0 | — | — | — | — | 239-300 | | |
| | 20 | 385 | 490 | 34,0 | 82,5 | 254-304 | | |
| | 100 | 380 | 475 | 34,5 | 83,0 | — | | |
| | 200 | 370 | 458 | 34,7 | 83,4 | — | | |
| | 400 | 360 | 450 | 31,5 | 81,5 | — | | |
| | 600 | 310 | 340 | 36,0 | 85,4 | — | | |
| | 800 | 115 | 120 | 75,5 | 96,0 | — | | |
| | 1000 | 32 | 33 | 134 | 100 | — | | |
| | 1100 | 21 | 22 | 140 | 100 | — | | |
| 31Х19Н9МВБТ (ЭИ 572) | 20 | 225-392 | 735-813 | 31-44 | 40-49 | 93 | Закалка 1150–1180°С, вода. Старение 800°С, 15 ч, воздух. Образцы продольные | |
| | 560 | 206-256 | 490-588 | 26-30 | 40-47 | 103 | | |
| | 600 | 245 | 480 | 20 | 46 | 108 | | |
| | 650 | 235 | 436 | 24 | 55 | 108 | | |
| | 20 | 343-568 | 598-843 | 9-34 | 10-42 | 20-83 | Закалка 1150–1180°С, вода. Старение 750°С, 12–15 ч, охлаждение с печью. Образцы тангенциальные | |
| | 600 | 235-333 | 490-510 | 15-21 | 16-39 | 39-108 | | |
| | 650 | 245-323 | 412-470 | 12-23 | 16-41 | 39-167 | | |
| | 700 | 235-255 | 343-421 | 17-29 | 25-53 | 39-127 | | |
| | 20Х20Н14С2 (Х20Н14С2, ЭИ 211) | 20 | 343-392 | 627 | 53 | 73 | — | Закалка 1000–1150°С, вода |
| | | 100 | 108 | 304 | 36 | 34 | | |
| 750 | | 108 | 265 | 35 | 34 | | | |
| 800 | | 98 | 225 | 42 | 41 | | | |
| 850 | | 69 | 157 | 58 | 47 | | | |
| 900 | | 39 | 108 | 74 | 58 | | | |
| 950 | | 29 | 88 | 75 | 55 | | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп},$ °C | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_B,$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|---|------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----------------------------|---|
| 08X21H6M2T (0X21H6M2T, ЭП 54) | -196 | 765 | 1569 | 31 | | | Закалка 1050°C, вода |
| | -100 | 608 | 1176 | 32 | | | |
| | -50 | 539 | 1078 | 32 | | | |
| | 0 | 412 | 784 | 40 | | | |
| | 20 | 431 | 706 | 50 | — | — | |
| | 100 | 372 | 627 | 39 | | | |
| | 200 | 323 | 559 | 34 | | | |
| | 300 | 294 | 530 | 34 | | | |
| | 400 | 294 | 520 | 32 | | | |
| 500 | 196 | 470 | 32 | | | | |
| 02X22H5AM3 | | | | | | КСУ | Для толщины 10 мм и выше |
| | 20 | 450 | 680 | 25 | | 270 | |
| | 100 | 370 | 630 | — | | — | |
| | 200 | 330 | 580 | — | — | — | |
| | 300 | 310 | 560 | — | | — | |
| 400 | 300 | 550 | — | | — | | |
| 08X22H6T (0X22H5T, ЭП 53) | -196 | 696 | 1422 | 30 | | 147 | Закалка 1050°C, вода |
| | -100 | 500 | 961 | 30 | | 196 | |
| | 0 | 420 | 735 | 37 | | 235 | |
| | 20 | 402 | 666 | 40 | | 245 | |
| | 100 | 343 | 539 | 38 | — | 245 | |
| | 200 | 294 | 500 | 33 | | 294 | |
| | 300 | 294 | 490 | 30 | | 294 | |
| | 400 | 294 | 490 | 30 | | 294 | |
| | 500 | 245 | 441 | 30 | | 294 | |
| 600 | 176 | 294 | 35 | | 294 | | |
| 20X23H13 (X23H13, ЭИ 319) | 20 | 356 | 654 | 38,6 | 59,9 | 206 | Закалка 1050°C, вода |
| | 550 | 303 | 580 | 27,6 | 59,6 | > 294 | |
| | 600 | 284 | 523 | 29,3 | 63,6 | > 294 | |
| | 650 | 258 | 466 | 30,6 | 62,2 | > 294 | |
| | 700 | 216 | 379 | 34,9 | 56,7 | > 294 | |
| 20X23H18 (X23H18, ЭИ 417) | 20 | 294-323 | 598-657 | 29-35 | 47-54 | 137-186 | Закалка 1180°C, вода. Старение 800°C, 4 ч. Пруток |
| | 500 | 206 | 519-539 | 25-31 | 41-45 | 167 | |
| | 600 | 196 | 441 | 23 | 45 | 176 | |
| | 700 | 186 | 314 | 19-24 | 34 | 167 | |
| | 800 | 157 | 186-206 | 19-27 | 34 | 176 | |
| | 20 | | 676 | 49 | 50 | | Закалка 1050°C, воздух. Лист |
| | 500 | | 500 | 42 | 37 | | |
| | 600 | — | 441 | 41 | 39 | — | |
| | 700 | | 304 | 58 | 59 | | |
| 800 | | 206 | 56 | 60 | | | |
| 900 | | 98 | 75 | 61 | | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание | |
|---|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|---|
| 03Х23Н28Ю4Т (ЭК 86) | 900 | 166 | 193 | 46,1 | 48 | — | — | |
| | 950 | 145 | 147 | 58,2 | 60,5 | | | |
| | 1000 | 107 | 109 | 66,2 | 71,6 | | | |
| | 1050 | 76 | 81 | 76,3 | 68,5 | | | |
| | 1100 | 56 | 62 | 74,2 | 92,0 | | | |
| | 1150 | 42 | 47 | 67,5 | 96,5 | | | |
| | 1200 | 37 | 38 | 77,8 | 96,5 | | | |
| 03Х24Н6АМЗ (ЗИ 130) | −40 | — | — | — | — | 289 | Закалка 1070°С, вода. Пруток диаметром 55 мм | |
| | −20 | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | |
| | 220 | | | | | | | |
| | 800 | 116 | 139 | 55 | 55 | — | | |
| | 900 | 83 | 92 | 68 | 66 | | | |
| | 950 | 42 | 54 | 97-141 | 83 | | | |
| | 1000 | 23 | 31 | 148 | 94 | | | |
| | 1050 | 22 | 28 | 92-120 | 93 | | | |
| | 1100 | 15 | 16 | 134 | 96 | | | |
| | 1150 | 9 | 10 | 117-197 | 96 | | | |
| | 1200 | — | 7 | 92-135 | 96 | | | |
| | 20 | 392 | 686 | 25 | — | | | — |
| | 100 | 390 | 680 | — | | | | |
| | 200 | 380 | 670 | — | | | | |
| | 300 | 375 | 665 | — | | | | |
| | 400 | 370 | 660 | — | | | | |
| 15Х25Т (Х25Т, ЭИ 439) | 700 | — | 77 | 48 | 93 | — | Отжиг 760–780°С, вода | |
| | 800 | | 26 | 104 | 99 | | | |
| | 900 | | 19 | 153 | 99 | | | |
| | 1000 | | 11 | 148 | 100 | | | |
| | 1100 | | 8 | 139 | 99 | | | |
| 12Х25Н16Г7АР (ЭИ 835) | 20 | 375–440 | 760–880 | 45–60 | 50–60 | — | Закалка 1200°С, воздух. Пруток | |
| | 700 | 177–216 | 370–440 | 19–36 | 22–40 | | | |
| | 800 | 167–206 | 260–360 | 15–25 | 18–30 | | | |
| | 900 | 127–177 | 160–220 | 18–40 | 21–45 | | | |
| | 1000 | 49–98 | 80–130 | 20–50 | 20–45 | | | |
| | 1100 | — | 50–60 | 60–70 | 30–40 | | | |
| | 1200 | — | 30–40 | 50–60 | 25–45 | | | |
| 20Х25Н20С2 (Х25Н20С2, ЭИ 283) | 500 | 255 | 520 | 30 | 47 | — | Закалка 1100–1150°С, воздух | |
| | 600 | 210 | 490 | 35 | 50 | | | |
| | 700 | 165 | 320 | 40 | 55 | | | |
| | 800 | 110 | 195 | 50 | 63 | | | |
| 9ХС | 20 | 445 | 790 | 26 | 54 | 39 | — | |
| | 200 | 320 | 710 | 22 | 48 | 88 | | |
| | 400 | 330 | 620 | 32 | 63 | 98 | | |
| | 600 | 170 | 200 | 52 | 77 | — | | |
| | 700 | 83 | 98 | 58 | 77 | 147 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп},$ °C | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_B,$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|---------------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----------------------------|---|
| 4ХМФС (40ХСМФ) | 300 | 1250 | 1390 | 11 | 44 | 44 | Закалка 920°C, масло. Отпуск 560°C, 2 ч |
| | 400 | 1180 | — | 12 | 49 | 49 | |
| | 500 | 1180 | 1270 | 13 | 55 | — | |
| | 600 | 950 | 1070 | 14 | 63 | 53 | |
| | 20 | 1280 | 1450 | 7 | 20 | 20 | Закалка 950°C, масло. Отпуск 550°C. Штамп сечением до 500 мм. Пруток сечением 15 мм |
| | 300 | 1190 | 1340 | 8 | 27 | 54 | |
| | 600 | 760 | 900 | 10 | 45 | 59 | |
| | 20 | 1350 | 1510 | 13 | 51 | 55 | Закалка 920–950°C, масло. Образцы сечением 15 мм |
| | 300 | 1190 | 1350 | 12 | 50 | 65 | |
| | 600 | 790 | 890 | 19 | 73 | 85 | |
| | 20 | 1310 | 1480 | 7 | 20 | 25 | Закалка 920–950°C, масло. Центральная зона заготовки сечением 500 мм |
| | 300 | 1210 | 1370 | 8 | 27 | 55 | |
| | 600 | 780 | 920 | 10 | 45 | 60 | |
| | 20 | 1480 | 1600 | 12 | 45 | 45 | Закалка 920°C, масло. Отпуск 560°C, 2 ч. Пруток сечением 15 мм |
| | 300 | 1260 | 1500 | 12 | 44 | 45 | |
| | 400 | 1200 | 1440 | 13 | 47 | 50 | |
| 500 | 1200 | 1300 | 13 | 55 | 45 | | |
| 600 | 970 | 1080 | 14 | 62 | 54 | | |
| 5ХГМ | 20 | 1450 | 1600 | 7 | 25 | 37 | Закалка 850°C. Отпуск 450°C, 2 ч |
| | 400 | 1080 | 1300 | 11 | 40 | 44 | |
| | 500 | 870 | 1000 | 15 | 54 | 37 | |
| | 600 | 400 | 710 | 24 | 80 | 42 | |
| | 20 | — | 1250 | 10 | 32 | 43 | Закалка 850°C, масло. Отпуск 500–550°C. Заготовка диаметром 20 мм |
| | 100 | 976 | 1180 | — | 37 | 46 | |
| | 300 | 996 | 1152 | — | 48 | 65 | |
| | 400 | 866 | 1015 | — | 62 | 49 | |
| | 500 | 690 | 784 | — | 81 | 32 | |
| | 600 | 345 | 410 | — | 85 | 38 | |
| 5ХНМ | 20 | <u>1410</u> | <u>1520</u> | <u>9</u> | <u>41</u> | <u>32</u> | В числителе – значения свойств образцов сечением 15 мм, испытанных после закалки в масле. В знаменателе – то же, но для центральных зон заготовки сечением 500 мм |
| | 20 | 800 | 1040 | 10 | 42 | 40 | |
| | 300 | <u>1150</u> | <u>1290</u> | <u>14</u> | <u>60</u> | <u>70</u> | |
| | 300 | 790 | 1000 | 10 | 36 | 120 | |
| | 400 | 1000 | 1250 | 14 | 48 | 65 | |
| | 500 | 750 | 960 | 18 | 54 | 45 | |
| | 600 | <u>360</u> | <u>520</u> | <u>32</u> | <u>92</u> | <u>160</u> | |
| | 600 | 490 | 560 | 21 | 49 | 200 | |
| 3Х2МНФ | 20 | 1300 | 1450 | 11 | 45 | 55 | Закалка 910–930°C, масло. Образцы сечением 15 мм |
| | 300 | 1100 | 1300 | 12 | 46 | 80 | |
| | 600 | 860 | 1100 | 13 | 52 | 55 | |
| | 20 | 1320 | 1470 | 10 | 40 | 30 | Закалка 910–930°C, масло. Центральная зона заготовки сечением 500 мм |
| | 300 | 1120 | 1320 | 12 | 45 | 50 | |
| | 600 | 850 | 1100 | 14 | 60 | 60 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание | |
|-------------------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|--|
| 5Х2МНФ (ДИ 32) | 20 | 1380 | 1480 | 12 | 43 | 60 | Закалка 960–980°С, масло. Образцы сечением 15 мм | |
| | 300 | 1110 | 1270 | 13 | 55 | 65 | | |
| | 600 | 700 | 820 | 21 | 77 | 65 | | |
| | | 20 | 1290 | 1450 | 12 | 35 | 40 | Закалка 960–980°С, масло. Центральная зона заготовки сечением 500 мм |
| | | 300 | 1140 | 1320 | 14 | 48 | 65 | |
| | | 600 | 710 | 880 | 17 | 68 | 80 | |
| 4Х5МФ1С (ЭП 572) | 20 | 1500 | 1700 | 10 | 40 | 40 | Закалка 1020–1040°С, масло. Отпуск 580°С, 2 ч. Образцы сечением 10×10 мм | |
| | 200 | 1370 | 1650 | 12 | 46 | 55 | | |
| | 300 | 1340 | 1520 | 12 | 45 | 52 | | |
| | 400 | 1340 | 1450 | 13 | 46 | 50 | | |
| | 500 | 1180 | 1350 | 13 | 47 | 43 | | |
| 6Х6В3МФС (55Х6В3СМФ, ЭП 569) | 20 | $\sigma_{и}$ 3920-4459 | | | | | Закалка 1060–1075°С, масло. Отпуск 530–540°С, воздух, отпуск 350–370°С, воздух. Сортовой прокат диаметром до 250 мм | |
| | 250 | 3920-4459 | — | — | — | — | | |
| | 350 | 3920-4459 | | | | | | |
| | 450 | 3724-3920 | | | | | | |
| 75ХМ | 20 | 412 | 794 | 22 | 47 | 43,1 | Нормализация с отпуском при 460–520°С. 208 НВ | |
| | 400 | 189 | 520 | 23,5 | 62,3 | — | | |
| | 500 | 181 | 454 | 26,3 | 74,0 | — | | |
| | 550 | 152 | 397 | 27,1 | 78,4 | — | | |
| | 600 | 136 | 312 | 32,8 | 86,5 | — | | |
| | 650 | 95 | 221 | 38,0 | — | — | | |
| | 700 | 79 | 186 | 40,1 | 93,8 | — | | |
| | 800 | 45 | 109 | 63,0 | 96,7 | — | | |
| 9ХФ, 9Х1Ф | 20 | 490 | 862 | 23,0 | 39,0 | 29,4 | Нормализация с отпуском при 500–520°С. 260 НВ | |
| | 580 | 378 | 395 | 31,3 | 81,0 | — | | |
| | 600 | 247 | 313 | 32,1 | 72,7 | — | | |
| 9Х1 (9Х) | 20 | 764 | 764 | 14,0 | 45,0 | 58 | Закалка с отпуском при 550–650°С | |
| | 600 | 182 | 208 | 49,9 | 91,9 | — | | |
| 50ХН | 20 | 755 | 941 | 11,0 | 45,0 | 53 | Закалка с отпуском при 550–650°С. 263 НВ | |
| | 150 | 662 | 864 | 18,5 | — | — | | |
| | 290 | 653 | 894 | — | — | — | | |
| | 425 | 509 | 653 | 25,0 | — | — | | |
| | 535 | 202 | 432 | 32,5 | — | — | | |
| 60ХН | 20 | 911 | 980 | 14,0 | 42,0 | 52 | Закалка с отпуском при 550–650°С. 293 НВ | |
| | 500 | 374 | 438 | 33,0 | 88,0 | — | | |
| | 550 | 288 | 341 | 31,0 | 83,0 | — | | |
| | 600 | 212 | 260 | 23,5 | 53,0 | — | | |
| 9Х2 | 20 | 490 | 823 | 14,0 | 25,0 | 17,6 | Закалка с отпуском при 550–650°С | |
| | 500 | 317 | 436 | 34,4 | 76,3 | — | | |
| | 600 | 259 | 266 | 43,6 | 87,8 | — | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп},$ °C | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_B,$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|---------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----------------------------|--|
| P9 | 200 | 450 | 830 | 13 | 22 | — | Состояние поставки (после отжига) |
| | 400 | 420 | 700 | 15 | 22 | — | |
| | 600 | 300 | 480 | 31 | 55 | — | |
| | 800 | 110 | 200 | 60 | 70 | — | |
| | 1000 | 90 | 100 | 42 | 55 | 220 | |
| | 1100 | — | — | — | — | 240 | |
| | 1200 | 30 | 30 | 12 | 25 | 150 | |
| P12 | 200 | 450 | 830 | 13 | 22 | — | Состояние поставки (после отжига) |
| | 400 | 420 | 700 | 15 | 22 | — | |
| | 600 | 300 | 480 | 31 | 55 | — | |
| | 800 | 110 | 200 | 60 | 70 | — | |
| | 1000 | 90 | 100 | 42 | 55 | 190 | |
| | 1200 | 30 | 30 | 12 | 25 | 130 | |
| 14ХМТЛ | 20 | 245 | 441 | 20 | 40 | 78 | Нормализация 900–920°C. Отпуск 630–650°C |
| | 550 | 215 | 343 | 20 | 65 | 68 | |
| | 600 | 147 | 225 | 20 | 65 | 59 | |
| 20ХМЛ | 20 | 304-392 | 470-548 | 12-28 | 27-66 | 68-166 | Нормализация 890–910°C. Отпуск 640–660°C |
| | 400 | 343 | 431 | 17-21 | 59-62 | 78 | |
| | 450 | 314 | 412 | 22,0 | 62-69 | 93 | |
| | 500 | 294 | 377 | 22,0 | 69-75 | 73 | |
| | 550 | 254 | 333 | 24,5 | 77,0 | 68 | |
| | 600 | 226-235 | 289 | 27,5 | 81,5 | 64 | |
| | 650 | 201 | 235 | 30,0 | 86,0 | 68 | |
| 20ХМФЛ | 20 | 314-529 | 490-764 | 9-24 | 13-55 | 20-108 | Двойная нормализация 940–950°C и 920°C. Отпуск 690–710°C |
| | 400 | 265-421 | 470-559 | 10-20 | 43-55 | 59-147 | |
| | 450 | 255-382 | 392-549 | 11-20 | 50-57 | 78-108 | |
| | 475 | 245-392 | 451-559 | 12-19 | 46-52 | 88 | |
| | 500 | 255-372 | 431-510 | 13-16 | 46-62 | 49-98 | |
| | 550 | 216-382 | 382-461 | 12-21 | 60-81 | 69-79 | |
| | 600 | 216-314 | 274-402 | 18-22 | 61-73 | 49-88 | |
| | 750 | 186 | 216 | 27 | 84 | 59 | |
| 15Х1М1ФЛ | –80 | | | | | 3,9 | Отжиг 1050°C. Нормализация 980–1000°C. Отпуск 710–740°C |
| | –60 | | | | | 4,9-12 | |
| | –40 | — | — | — | — | 3,9-8,8 | |
| | –20 | | | | | 4,9-80 | |
| | 0 | | | | | 9,8-85 | |
| | 20 | 343 | 539-588 | 17-26 | 69,0 | 36-176 | |
| | 100 | 314 | 505 | 17,6 | 63,0 | 42-186 | |
| | 200 | 274 | 461 | 20,0 | 67,5 | 137-245 | |
| | 300 | 309 | 514 | 16,0 | 60,5 | 118-245 | |
| | 500 | 255 | 348 | 24,5 | 78,0 | 98-127 | |
| 600 | 220 | 235 | 25,0 | 92,0 | 78-98 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание | | |
|--|------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|-----|--|
| 20Х5МЛ | 20 | 554 | 707 | 10,4 | 34,9 | — | Отжиг 950°С, охлаждение с печью. Закалка 920°С, масло. Отпуск 660°С, воздух | | |
| | 200 | 529 | 657 | 9,9 | 40,4 | | | | |
| | 400 | 491 | 588 | 6,6 | 31,8 | | | | |
| | 500 | 359 | 465 | 10,7 | 44,8 | | | | |
| | 600 | 155 | 291 | 20,7 | 75,5 | | | | |
| 15Х6СМТЛ (Х6СМТЛ) | 20 | 343 | 539 | 15 | 30 | — | Отжиг 850–870°С | | |
| | 500 | 196 | 294 | 25 | 60 | | | | |
| | 650 | 118 | 176 | 20 | 70 | | | | |
| 15Х11МФБЛ (1Х11МФБЛ, Х11ЛА) | 20 | 461-519 | 617-706 | 13-25 | 17-64 | 16,7-108 | Отжиг 880–900°С. Нормализация 1130–1150°С, нормализация 1040–1060°С. Отпуск 750–770°С | | |
| | 200 | 421-451 | 578-588 | 18-22 | 49-61 | 49-106 | | | |
| | 300 | 441-480 | 559-578 | 14 | 43,5 | 54-137 | | | |
| | 400 | 372-412 | 510-549 | 13-18 | 51-61 | 78-137 | | | |
| | 550 | 304-372 | 382-441 | 5-27 | 17-70 | 98-147 | | | |
| | 575 | 294-314 | 333-431 | 22-28 | 64-80 | — | | | |
| | 600 | 284-323 | 314-392 | 20-27 | 56-84 | 88-157 | | | |
| | 650 | 225-294 | 245-323 | 20-29 | 65-84 | — | | | |
| 20Х12ВНМФЛ (15Х12ВНМФЛ, Х11ЛБ, ЭИ 802Л) | 20 | 519-559 | 657-696 | 14-19 | 36-57 | 79-98 | Нормализация 1050–1100°С. Отпуск 700°С | | |
| | 500 | 372-402 | 441-480 | 11-17 | 52-64 | 98-137 | | | |
| | 550 | 363 | 392 | 16 | 74-77 | — | | | |
| | 600 | 245-294 | 304-314 | 22-24 | 83-88 | 108-157 | | | |
| | 20 | 666 | 804 | 26 | 47,0 | 69 | | | |
| | 565 | 412 | 431 | 24,0 | 79,0 | 108 | | | |
| | 600 | 372 | 392 | 25,0 | 81,0 | 127 | | | |
| | 650 | 284 | 304 | 29,0 | 87,0 | 127 | | | |
| | 06Х12НЗДЛ | 20 | 585 | 760 | 21,8 | 64,0 | | 100 | Нормализация, отпуск, технологические отпуска. Отливка до 650 мм |
| | | 100 | 556 | 711 | 20,5 | 67,0 | | 154 | |
| 200 | | 563 | 665 | 18,4 | 67,4 | 150 | | | |
| 300 | | 547 | 646 | 16,7 | 63,0 | 163 | | | |
| 350 | | 512 | 622 | 14,5 | 55,0 | 165 | | | |
| 400 | | 517 | 575 | 15,3 | 65,0 | 173 | | | |
| 650 | | 284 | 304 | 29,0 | 87,0 | 127 | | | |
| 800 | | 167-186 | 216-225 | 22-24 | 51-64 | 59-69 | | | |
| 30Х16Н22В6БЛ (ЦЖ 13Л) | 20 | 274-392 | 519-637 | 9-32 | 10-43 | 18-66 | Закалка 1200°С, 2 ч, вода. Отпуск 800°С, 10 ч, воздух | | |
| | 600 | 206-245 | 431-470 | 15-19 | 23-30 | 38-55 | | | |
| | 650 | 206-245 | 382-412 | 12-22 | 24-46 | 39-59 | | | |
| | 700 | 206-245 | 333-382 | 15-19 | 24-41 | 34-59 | | | |
| | 750 | 186-225 | 274-294 | 17-23 | 42-51 | 39-59 | | | |
| | 800 | 167-186 | 216-225 | 22-24 | 51-64 | 59-69 | | | |
| 10Х18Н9ТЛ | 20 | 196-235 | 500-656 | 24-25 | 30-35 | 78-107 | Аустенитизация 1100°С, 4 ч, воздух. Стабилизация 800°С, 10–20 ч, охлаждение с печью | | |
| | 350 | 196 | 333-372 | 11-13 | 25-29 | 64-98 | | | |
| | 400 | 196 | 352-372 | 12-17 | 24-41 | 68-107 | | | |
| | 450 | 166 | 352 | 23 | 42-46 | 78-98 | | | |
| | 500 | 186 | 343 | 17 | 35-42 | 68-88 | | | |
| | 550 | 166 | 304 | 23 | 51 | 98 | | | |
| | 600 | 156 | 274 | 24 | 47 | 88 | | | |
| | 650 | 176 | 274 | 17-21 | 33-39 | 78-107 | | | |
| 700 | 176 | 225-254 | 15-17 | 26-38 | 88 | | | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп},$ °С | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_B,$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|--|------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----------------------------|---|
| 31Х19Н9МВБТЛ (ЭИ 572Л) | 20 | 343 | 686 | 25 | 30 | 29-39 | Закалка 1150–1180°С, вода. Отпуск 700–800°С, воздух |
| | 500 | 245 | 539 | 20 | 25 | 39-49 | |
| | 550 | 235 | 519 | 17 | 23 | — | |
| | 600 | 235 | 490 | 17 | 23 | 49-69 | |
| | 650 | 176 | 382 | 22 | 27 | 59 | |
| 35Х23Н7СЛ | 20 | 328 | 635 | 20,0 | 22,5 | 26 | — |
| | 200 | 162 | 348 | 13,5 | 20,8 | 67 | |
| | 800 | 146 | 259 | 12,0 | 15,9 | 55 | |
| | 850 | 108 | 217 | 18,0 | 19,6 | 63 | |
| | 900 | 86 | 170 | 21,0 | 29,8 | 39 | |
| 40Х24Н12СЛ (ЭИ 316Л) | 20 | 294 | 588 | 45 | 60 | — | Закалка 1050°С, вода |
| | 540 | — | 470 | 41 | 62 | | |
| | 650 | — | 402 | 41 | 53 | | |
| | 760 | — | 264 | 46 | 51 | | |
| | 815 | — | 205 | 40 | 52 | | |
| 20Х25Н13АТЛ | 20 | 284-323 | 490-598 | 28-45 | 28-41 | 49-157 | Аустенитизация 1160–1180°С. Старение 760–780°С, 10 ч |
| | 550 | 186 | 407 | 32 | 43,5 | 176 | |
| | 600 | 176 | 382-409 | 27-33 | 41-51 | 127-167 | |
| | 650 | 167 | 382 | 29 | 45 | 147 | |
| | 950 | 61 | 126 | 26,0 | 42,9 | 39 | |
| 06ХН28МДТ (0Х23Н28МЗДТ, ЭИ 943) | 20 | 264 | 608 | 55 | 78 | 343 | Закалка 1050°С, вода. Лист 12 мм |
| | 200 | 264 | 539 | 45 | 75 | 343 | |
| | 400 | 176 | 539 | 50 | 60 | 343 | |
| | 600 | 147 | 490 | 45 | 60 | 343 | |
| | 800 | 176 | 245 | 40 | 45 | 108 | Закалка 1050°С, вода. Лист 16 мм |
| | 900 | 147 | 176 | 30 | 40 | 118 | |
| | 1000 | 88 | 98 | 25 | 40 | 98 | |
| ХН35ВТ (ЭИ 612) | 20 | 431-617 | 784-853 | 18-30 | 30-55 | 78-176 | Закалка 1090°С, вода. Старение 850°С, 10 ч, старение 700°С, 25–40 ч, охлаждение с печью. Образцы продольные (сортовой прокат) |
| | 500 | 412-470 | 666-745 | 15-23 | 23-53 | 88-167 | |
| | 550 | 412-500 | 666-774 | 17-23 | 37-53 | 127-157 | |
| | 600 | 392-500 | 627-715 | 15-25 | 30-48 | 64-137 | |
| | 650 | 362-529 | 500-686 | 10-23 | 15-36 | 98-176 | |
| | 700 | 362-441 | 451-490 | 9-31 | 11-48 | 98-157 | |
| | –100 | — | — | — | — | 137-167 | |
| | –60 | — | — | — | — | 127-157 | Закалка 1090°С, вода. Старение 850°С, 10 ч, старение 700°С, 25–40 ч, охлаждение с печью. Образцы тангенциальные (диск) |
| | –40 | — | — | — | — | 127-137 | |
| | –20 | — | — | — | — | 118-176 | |
| | 0 | — | — | — | — | 118-147 | |
| | 20 | 392-637 | 706-980 | 13-31 | 14-50 | 39-167 | |
| | 600 | 372-529 | 529-784 | 10-21 | 15-42 | 44-118 | |
| | 650 | 353-519 | 490-715 | 7,5-19 | 14-37 | 39-127 | |
| 700 | 353-480 | 490-588 | 6-10 | 9-19 | 49-118 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп},$ °С | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_b,$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | КСУ, Дж/см ² | Примечание | |
|--|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----------------------------|---|---|
| ХН35ВТК (ЭИ 612К) | 20 | 490-568 | 931-970 | 21-23 | 43-55 | 69-167 | Закалка 1080–1100°С. Старение 700°С, 50 ч. Образцы продольные (сортовой прокат) | |
| | 650 | 470 | 666 | 14 | 23 | 83 | | |
| | 700 | 441 | 627 | 10 | 20 | 118 | | |
| | | –40 | — | — | — | — | 78-118 | Закалка 1080–1100°С, вода. Старение 850°С, 10 ч, старение 700°С, 25–50 ч. Образцы тангенциальные (поковки) |
| | | –20 | — | — | — | — | 88-108 | |
| | | 0 | — | — | — | — | 88-113 | |
| | | 20 | 431-617 | 764-941 | 13-28 | 14-37 | 49-108 | |
| | | 500 | 382-490 | 676-833 | 14-32 | 22-33 | 44-78 | |
| | | 600 | 382-490 | 617-804 | 11-21 | 19-37 | 39-78 | |
| | | 650 | 382-490 | 588-735 | 9-21 | 11-29 | 44-93 | |
| 700 | | 382-470 | 500-686 | 7-21 | 12-34 | 49-98 | | |
| ХН35ВТЮ (ЭИ 787) | 20 | 686-902 | 882- 1313 | 7-22 | 10-25 | 24-83 | Закалка 1180–1200°С, 2,5–8 ч, воздух. Закалка 1050°С, 4 ч, воздух. Старение 750–800°С, 16 ч, воздух | |
| | 400 | 686-813 | 882- 1156 | 11-12 | 12-16 | — | | |
| | 500 | 686-833 | 882- 1127 | 5-16 | 6-24 | — | | |
| | 600 | 676-813 | 882- 1078 | 12-14 | 12-18 | — | | |
| | 700 | 686-813 | 725-951 | 5-15 | 8-23 | 54-59 | | |
| | 750 | 568-784 | 588-872 | 4-11 | 6-19 | 29-39 | | |
| | 800 | 588-686 | 666-735 | 13-15 | 22-28 | 49-59 | | |
| | 850 | 323-343 | 353-372 | 19-21 | 46-48 | — | | |
| | 900 | 196-235 | 206-245 | 20-23 | 50-60 | — | | |
| | ХН35ВТР (ЭИ 725) | 20 | 441-539 | 784-921 | 22-27 | 22-50 | | 98-157 |
| 650 | | 372-490 | 637-686 | 15-20 | 30-40 | 79-137 | | |
| 700 | | 372-490 | 588-676 | 9-29 | 10-52 | 79-118 | | |
| 750 | | 343-392 | 490-549 | 18-24 | 35-50 | 118-167 | | |
| 06ХН46Б (Х20Н46Б, ЭП 350) | 20 | 364 | 656 | 32 | 64 | 283 | Аустенитизация 1050–1100°С; воздух | |
| | 200 | 310 | 580 | 30 | 66 | 329 | | |
| | 300 | 305 | 563 | 29 | 61 | 336 | | |
| | 400 | 305 | 555 | 29 | 58 | 308 | | |
| | 500 | 295 | 548 | 27 | 56 | 308 | | |
| | 600 | 272 | 495 | 30 | 55 | 307 | | |
| | 700 | 242 | 349 | 42 | 61 | 309 | | |
| | 750 | 220 | 270 | 47 | 75 | 276 | | |
| 05ХН46МВБЧ (ДИ 65) | 20 | 382 | 892 | 37,2 | 40,0 | 94 | Аустенитизация 1080°С, 20 мин, воздух и стабилизация 800°С, 10 ч, воздух | |
| | 100 | 368 | 845 | 38,1 | 42,4 | 95 | | |
| | 200 | 351 | 785 | 38,9 | 45,8 | 99 | | |
| | 300 | 333 | 724 | 39,6 | 49,2 | 103 | | |
| | 400 | 316 | 663 | 40,4 | 52,6 | 107 | | |
| | 500 | 296 | 602 | 41,2 | 55,9 | 111 | | |
| | 600 | 281 | 541 | 41,9 | 59,3 | 115 | | |
| | 700 | 263 | 480 | 42,7 | 62,7 | 119 | | |
| | 750 | 255 | 449 | 43,1 | 64,4 | 121 | | |
| | 800 | 246 | 419 | 43,4 | 66,1 | 123 | | |
| 1000 | — | 245-314 | 18-20 | 20-32 | — | | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание | |
|---|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--|---|
| ХН55ВМТКЮ (ЭИ 929), ХН55ВМТКЮ-ВД (ЭИ 929-ВД) | 20 | | 980-1176 | 6-12 | 9-15 | | Закалка 1220°C, 2 ч, воздух, закалка 1050°C, 4 ч, воздух. Отпуск 850°C, 8 ч, воздух. Сортовой прокат диаметром 32–55 мм | |
| | 700 | | 882-980 | 8-18 | 10-20 | | | |
| | 800 | | 784-882 | 9-17 | 12-25 | | | |
| | 850 | — | 686-784 | 10-18 | 14-27 | — | | |
| | 900 | | 539-686 | 12-20 | 15-28 | | | |
| | 950 | | 343-440 | 17-25 | 18-20 | | | |
| | 1000 | | 245-314 | 18-20 | 20-32 | | | |
| ХН59ВГ-ИД (ЭК 82-ИД) | 20 | 323 | 746 | 71,1 | 76,3 | 375 | Закалка 1250°C, выдержка 40 минут, вода. Трубная заготовка | |
| | 900 | 241 | 320 | 46,5 | 64,2 | — | | |
| | 950 | 224 | 246 | 47,2 | 68,3 | — | | |
| | 1000 | 166 | 181 | 39,0 | 58,8 | — | | |
| ХН60ВТ (ЭИ 868) | 20 | 320 | 800 | 60 | | | Закалка 1200°C, 10 мин, воздух. Лист | |
| | 700 | 230 | 530 | 47 | | | | |
| | 800 | 210 | 400 | 40 | — | — | | |
| | 900 | 120 | 230 | 50 | | | | |
| | 1000 | 65 | 140 | 52 | | | | |
| | 20 | 295-390 | 740-880 | 45-60 | 52-60 | | Закалка 1200°C, воздух. Пруток диаметром 180 мм | |
| | 800 | 195-255 | 370-410 | 40-55 | 60-65 | — | | |
| | 900 | 186-216 | 210-250 | 55-58 | 60-70 | | | |
| | 1000 | 78-118 | 130-160 | 55-60 | 60-70 | | | |
| | 1100 | — | 70-90 | 102-170 | 80-85 | | | |
| 1200 | — | 40-60 | 145-150 | 75-80 | | | | |
| ХН60КВИОМБ-ВД (ЭП 957-ВД) | 20 | 975-999 | 1275-1370 | 18-22 | 27-32 | 39-49 | Закалка 1180°C, 3 ч, охлаждение с печью до 1030°C, воздух. Отпуск 850°C, 15 ч, воздух. Пруток диаметром 105 мм | |
| | 500 | 920-940 | 1225-1235 | 22-23 | 21-23 | — | | |
| | 600 | 877-940 | 1225-1235 | 19-20 | 26-27 | 49 | | |
| | 700 | 843-853 | 1115-1130 | 21-22 | 26-27 | — | | |
| | 800 | 834-920 | 930-980 | 6,7-14,0 | 15-25 | 41-56 | | |
| ХН65ВМТЮ (ЭИ 893) | 20 | 588-735 | 882-1098 | 20-44 | 25-40 | 78-127 | Закалка 1020°C, 1,5 ч, закалка 1160°C, 2 ч, воздух. Старение 900°C, 8 ч, воздух, старение 820°C, 15 ч, воздух. Пруток диаметром 32–55 мм | |
| | 600 | 490-637 | 784-980 | 25-39 | 35-45 | 98-147 | | |
| | 700 | 470-637 | 686-882 | 15-30 | 20-34 | 78-157 | | |
| | 750 | 470-588 | 686-843 | 15-25 | 16-30 | 78-157 | | |
| | 800 | 441-588 | 588-823 | 16-30 | 17-40 | 78-157 | | |
| | 20 | 519-617 | 921-1058 | 28-40 | 28-40 | | | Закалка 1170°C, 2 ч, воздух. Старение 1000°C, 4 ч, старение 900°C, 8 ч, старение 850°C, 15 ч, воздух. Штамповка |
| | 750 | 402 | 676 | 20 | 27 | — | | |
| | 800 | 353 | 568 | 20 | 26 | | | |
| | 900 | 235 | 274 | 33 | 67 | | | |
| | 950 | 157 | 166 | 48 | 74 | | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|--------------------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--|
| ХН65КВЮТЬ (ЦЖ 24) | 20 | 735 | 1176 | 30 | | | Закалка 1150°С, 3 ч, масло. Отпуск 800°С, 20 ч, воздух. Пруток диаметром 38–105 мм |
| | 570 | 715 | 1029 | 28 | — | — | |
| | 750 | 617 | 784 | 26 | | | |
| | 800 | 588 | 765 | 28 | | | |
| ХН65КМВЮБ-ВД (ЭП 800-ВД) | 20 | 740-745 | 1225-1235 | 25-26 | 23-26 | 39-67 | Закалка 1160°С, 5 ч, воздух, закалка 1050°С, 2 ч, воздух. Старение 1000°С, 2 ч, воздух, старение 900°С, 2 ч, воздух, старение 850°С, 12 ч, воздух. Квадрат 75 мм |
| | 500 | 715-920 | 1127-1160 | 22-23 | 24-26 | 86-88 | |
| | 600 | 745-755 | 1127-1180 | 17-18 | 19-20 | 72-90 | |
| | 700 | 715-775 | 1000-1020 | 7,5-8,5 | 8,5-9,0 | 72-83 | |
| | 800 | 696-725 | 828-835 | 2-4 | 4,5-5,5 | 56-62 | |
| | 850 | 440-588 | 510-686 | 4-10 | 4-15 | 57-59 | |
| | 20 | 765-795 | 1245-1255 | 21-22 | 24-30 | 30-34 | Термообработка та же. Диаметр 115 мм |
| | 500 | 745-755 | 1156-1160 | 21-23 | 30-31 | 56-68 | |
| | 700 | 666-675 | 1030-1080 | 11-12 | 9-16 | 68-78 | |
| | 800 | 666-695 | 823-860 | 14-17 | 24-30 | 57-66 | |
| ХН65КВМЮТЬ-ВД (ЭК 78-ВД) | 20 | 793-813 | 1185-1275 | 29-32 | 33-42 | 95-102 | Закалка 1170°С, 3 ч, охлаждение с печью до 1000°С, воздух. Старение 1000°С, 2 ч, воздух, старение 800°С, 20 ч, воздух. Пруток диаметром 105–115 мм |
| | 500 | 725-813 | 1078-1140 | 29-32 | 33-42 | — | |
| | 600 | 686-705 | 1010-1080 | 25-31 | 30-36 | 109-118 | |
| | 700 | 695-725 | 1020-1060 | 14-20 | 16-24 | 127-142 | |
| | 750 | 650-666 | 920-950 | 9-18 | 16-22 | 98-122 | |
| | 800 | 650-666 | 755-813 | 9-14 | 12-24 | 98-132 | |
| ХН67МВТЮ (ЭП 202, ЭИ 445Р) | 20 | 548-685 | 980-1080 | 16-30 | 18-52 | 49-117 | Закалка 1150–1200°С, 5 ч, воздух. Отпуск 850°С, 10–15 ч, воздух. Пруток диаметром 32–55 мм |
| | 700 | 548-686 | 835-980 | 15-30 | 15-32 | 59-137 | |
| | 750 | 539-640 | 735-835 | 8-25 | 10-30 | 59-137 | |
| | 800 | 490-610 | 685-785 | 8-25 | 10-30 | 59-137 | |
| | 850 | 460-570 | 540-608 | 12-30 | 15-40 | 59-147 | |
| | 900 | 370-440 | 410-540 | 16-30 | 18-45 | 59-147 | |
| ХН70Ю (ЭИ 652) | 20 | | 730 | 75 | | | Закалка 1200°С, 10 мин, воздух |
| | 700 | | 420 | 10 | | | |
| | 800 | | 360 | 14 | | | |
| | 900 | — | 150 | 65 | — | — | |
| | 1000 | | 86 | 55 | | | |
| | 1100 | | 38 | 79 | | | |
| | 1200 | | 24 | 136 | | | |
| ХН70БДТ (ЭК 59) | 20 | 274 | 667 | 22,0 | 55,5 | 14,7 | Закалка 1050°С, воздух |
| | 350 | 216 | 652 | 40,0 | 55,0 | 14,7 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание | |
|--------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
| ХН70ВМЮТ (ЭИ 765) | 20 | 627-735 | 1009-1127 | 28-32 | 30-34 | 78-88 | Закалка 1150°С, масло. Отпуск 800°С, 20 ч, воздух. Пруток диаметром 32–55 мм | |
| | 700 | 568-627 | 872-921 | 22-24 | 27-36 | 88 | | |
| | 750 | 568-607 | 696-843 | 21-23 | 35-41 | 78 | | |
| | 800 | 490-568 | 559 | 19-21 | 46-52 | 98 | | |
| | 850 | 382-392 | 402-440 | 21-23 | 55-57 | 108 | | |
| | 900 | 274 | 294 | 31 | 70 | – | | |
| | 1000 | 69 | 78 | 58 | 80 | – | | |
| | 20 | 676 | 1098 | 31 | 29 | 67 | | Термообработка та же. Лопатка; замок |
| | 700 | 588 | 882 | 21 | 21 | 78 | | |
| 20 | 725 | 1078 | 26 | 24 | 59 | Термообработка та же. Лопатка; перо | | |
| 700 | 696 | 823 | 13 | 13 | 78 | | | |
| ХН70ВМТЮ (ЭИ 617) | 20 | 685-765 | 1050-1180 | 14-19 | 13-21 | 14,7-29,4 | Закалка 1190°С, 2 ч, воздух, закалка 1050°С, 4 ч, воздух. Отпуск 800°С, 16 ч, воздух. Пруток диаметром 32–55 мм | |
| | 600 | 670 | 970 | 16,0 | 19,0 | – | | |
| | 700 | 637 | 882 | 10,0 | 12,0 | – | | |
| | 800 | 568-668 | 705-735 | 4,5-8,0 | 9,0-12,0 | 98 | | |
| | 850 | 460 | 578 | 10,0 | 14,0 | – | | |
| | 900 | 372 | 480 | 14,0 | 19,0 | 127 | | |
| ХН73МБТЮ (ЭИ 698) | 20 | 862 | 1186 | 31 | 24 | 70 | Закалка 1120°С, 8 ч, воздух. Отпуск 1000°С, 4 ч, воздух, отпуск 775°С, 16 ч, воздух. 300 НВ. Сортовой прокат диаметром 90 мм | |
| | 550 | 686 | 1009 | 31 | 26 | 101 | | |
| | 600 | 676 | 1019 | 28 | 27 | 99 | | |
| | 650 | 657 | 1009 | 28 | 27 | – | | |
| | 700 | 666 | 980 | 24 | 22 | 74 | | |
| | 20 | 745 | 1156 | 23 | 24 | — | Закалка 1120°С, 8 ч, воздух. Отпуск 1000°С, 4 ч, воздух, отпуск 750°С, 16 ч, воздух, отпуск 650°С, 16 ч, воздух. 311–321 НВ. Штамповка (диск диаметром 850 мм, радиальные образцы) | |
| | 450 | 695 | 1118 | 21 | 28 | | | |
| | 550 | 637 | 1009 | 19 | 28 | | | |
| | 600 | 637 | 1030 | 22 | 29 | | | |
| | 650 | 637 | 1030 | 24 | 29 | | | |
| 700 | 637 | 1000 | 25 | 29 | | | | |
| 750 | 617 | 843 | 21 | 23 | | | | |
| ХН75ВМЮ (ЭИ 827) | 20 | 539-676 | 931-1078 | 13-25 | 15-25 | 19,6-58 | Закалка 1175°С, 6 ч, воздух. Старение 1000°С, 4 ч, воздух, старение 900°С, 8 ч, воздух, старение 850°С, 15 ч, воздух. Прокат диаметром 32–55мм | |
| | 500 | 597 | 960 | 16 | 22 | 74,5 | | |
| | 600 | 578-608 | 853-950 | 14-17 | 18-22 | 49-68 | | |
| | 700 | 359-617 | 882-931 | 9-16 | 14-16 | 49-78 | | |
| | 800 | 490-588 | 735-784 | 10-19 | 14-20 | 49-78 | | |
| | 900 | 392-402 | 510 | 20-30 | 30-48 | 78 | | |
| ХН77ТЮР (ЭИ 437Б) | 20 | 647 | 902-1020 | 11-24 | 10-24 | 29-49 | Закалка 1080°С, 8 ч, воздух. Старение 750°С, 16 ч, воздух. Пруток диаметром 32–55 мм | |
| | 500 | 568 | 882 | 22-29 | 19-27 | 49-69 | | |
| | 550 | 587 | 882 | 31-32 | 32-34 | 49-59 | | |
| | 600 | 539 | 862 | 30-33 | 30-32 | 49-59 | | |
| | 650 | 519 | 823 | 25-26 | 23-28 | 49-59 | | |
| | 700 | 519 | 823 | 25-29 | 27-32 | 49 | | |
| | 750 | 519 | 804 | 24-29 | 23-27 | 59 | | |
| | 800 | 460 | 519 | 15-16 | 25-30 | 88 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание | |
|-----------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--|---|
| ХН78Т (ЭИ 435) | 20 | 275 | 780 | 40 | | | Закалка 980–1200°С, воздух. Лист | |
| | 400 | 250 | 680 | 40 | | | | |
| | 500 | 250 | 620 | 40 | | | | |
| | 600 | 210 | 600 | 40 | | | | |
| | 700 | 190 | 400 | 35 | — | — | | |
| | 800 | 100 | 180 | 70 | | | | |
| | 900 | — | 110 | 90 | | | | |
| | 1000 | — | 65 | 100 | | | | |
| | 1100 | — | 45 | 112 | | | | |
| | 1200 | — | 24 | 130 | | | | |
| | 20 | 295-390 | 740-880 | 45-60 | 52-60 | — | | Закалка 1150–1200°С, воздух. Пруток диаметром 180 мм |
| | 800 | 196-255 | 370-410 | 40-55 | 60-65 | — | | |
| | 900 | 186-216 | 210-250 | 55-58 | 60-70 | — | | |
| | 1000 | 78-118 | 130-160 | 55-68 | 60-70 | — | | |
| ХН80ТБЮ (ЭИ 607) | 20 | 637 | 1030 | 24-30 | 28-35 | 98 | Закалка 1000°С, 5 ч, вода. Отпуск 1000°С, 2 ч, отпуск 900°С, 1 ч, отпуск 800°С, 2 ч, воздух, отпуск 750°С, 20 ч, воздух, отпуск 650°С, 48 ч, воздух. Пруток диаметром 32–55 мм | |
| | 500 | 598 | 980 | 26 | 26 | — | | |
| | 600 | 588 | 813 | 11 | — | — | | |
| | 630 | 588 | 774 | 7 | — | — | | |
| | 650 | 539 | 715 | 7-12 | 10-15 | 98 | | |
| | 700 | 490 | 666 | 7 | 6 | 118 | | |
| ХН80ТБЮА (ЭИ 607А) | 20 | 480 | 920 | 34 | 45 | 108 | Закалка 1100°С, 5 ч, вода. Старение 1000°С, 2 ч, старение 900°С, 1 ч, старение 800°С, 2 ч, воздух, старение 750°С, 20 ч, воздух, старение 700°С, 48 ч, воздух. Пруток диаметром 32–55 мм | |
| | 550 | 450 | 823 | 34 | 49 | — | | |
| | 600 | 440 | 774 | 23 | 29 | — | | |
| | 650 | 420 | 539 | 9 | 16 | — | | |
| | 700 | 392 | 539 | 20 | 25 | 118 | | |
| | 20 | 617-637 | 980-1009 | 25-34 | 33-36 | 118-137 | | Закалка 1100°С, 5 ч, вода. Старение 1000°С, 2 ч, старение 900°С, 1 ч старение 800°С, 2 ч, воздух, старение 750°С, 20 ч, воздух старение 650°С, 48 ч, воздух. Диск диаметром 500 мм, тангенциальные образцы |
| | 600 | 460-549 | 686-803 | 11-24 | 19-28 | 127-147 | | |
| | 700 | 430-480 | 588-617 | 10-21 | 25-31 | 137-147 | | |
| | 800 | 323 | 402 | 16,5 | 30 | — | | |
| | 03Х25Н25Ю5ТЛ | 20 | 823 | 1000 | 8,3 | 8,5 | | — |
| 700 | | 441 | 510 | 16 | 21 | 69 | | |
| 800 | | 264 | 274 | 24 | 35 | 69 | | |
| 900 | | 147 | 167 | 56 | 75 | 88 | | |
| 1000 | | 64 | 78 | 67 | 80 | 113 | | |
| 1100 | | 29 | 34 | 94 | 88 | 191 | | |
| 1200 | | 10 | 20 | 120 | 95 | 132 | | |
| 1250 | | 9 | 19 | 130 | 100 | 118 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание |
|--------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|--|
| ХН58ВКМТЮБЛ (ЦНК 8МП) | 20 | 980 | 1120 | 12,0 | | 31 | Закалка 1250°С, 2 ч, закалка 1100°С, 5 ч, воздух. Старение 840°С, 24 ч, воздух. Отдельно отлитые образцы, моно-кристаллическая структура |
| | 700 | 1000 | 1190 | 15,5 | | — | |
| | 750 | 1030 | 1080 | 18,5 | — | — | |
| | 800 | 902 | 1000 | 17,0 | | — | |
| | 850 | 775 | 872 | 17,0 | | — | |
| ХН60КВМЮТЛ (ЦНК 7П) | 20 | 784 | 902 | 4 | | 15 | Закалка 1190°С, 4 ч, воздух, закалка 1050°С, 15 ч, воздух. Старение 850°С, 24 ч, воздух. Отдельно отлитые образцы, равноосная структура |
| | 700 | 784 | 980 | 5 | | — | |
| | 750 | 795 | 940 | 6 | — | — | |
| | 800 | 835 | 885 | 6 | | — | |
| | 850 | 735 | 835 | 9 | | — | |
| | 20 | 862 | 950 | 5 | | 20 | Термообработка та же. Отдельно отлитые образцы, направленная структура |
| | 700 | 805 | 940 | 7 | | — | |
| | 750 | 920 | 1080 | 8 | — | — | |
| | 800 | 825 | 940 | 10 | | — | |
| | 850 | 735 | 845 | 11 | | — | |
| ХН60КВМЮТБЛ (ЦНК 21П) | 20 | 635 | 835 | 6,9 | | 15 | Закалка 1140°С, 3 ч, воздух, закалка 1000°С, 2 ч, воздух. Старение 830°С, 24 ч, воздух. Отдельно отлитые образцы |
| | 700 | 550 | 860 | 15,6 | | — | |
| | 750 | 580 | 770 | 15,5 | — | — | |
| | 800 | 540 | 660 | 18,0 | | — | |
| | 850 | 400 | 530 | 18,5 | | — | |
| ХН64ВМКЮТЛ (ЗМИ 3) | 20 | 785 | 950 | 5,1 | 6,8 | 21 | Закалка 1180°С, 4 ч, закалка 1050°С, 2-4 ч, воздух. Старение 830°С, 24 ч, воздух. Отдельно отлитые образцы |
| | 600 | 725 | 924 | 5,1 | 12,7 | — | |
| | 650 | 774 | 1012 | 4,5 | 12,8 | — | |
| | 700 | 750 | 1036 | 3,5 | 10,0 | — | |
| | 750 | 767 | 1025 | 4,6 | 13,0 | — | |
| | 800 | 765 | 890 | 7,8 | 8,5 | — | |
| | 850 | 720 | 810 | 9,9 | 17,9 | — | |
| ХН65ВМТЮЛ (ЭИ 893Л) | 20 | 539-558 | 740-815 | 17-27 | 19-34 | 54-130 | Закалка 1180°С, 4 ч, воздух. Старение 800°С, 12 ч, воздух. Отдельно отлитые образцы |
| | 600 | 570 | 755 | 18 | 24 | — | |
| | 700 | 550 | 725 | 17 | 26,3 | — | |
| | 750 | 500 | 666 | 16 | 26,0 | — | |
| | 800 | 412 | 600 | 16 | 25 | — | |
| | 850 | 355 | 460 | 16 | 31 | — | |
| | 20 | 410-500 | 530-695 | 8,4-25,0 | 16-33 | | Закалка 1180°С, 4 ч, воздух. Старение 850°С, 24 ч, воздух. Образцы из полки направляющей лопатки второй ступени ТВД ГТ100 |
| | 650 | 450-460 | 568 | 8,3-10,1 | 12,1-12,3 | — | |
| | 700 | 352-392 | 470-549 | 22,9-35,0 | 38,6-45,0 | | |
| | 750 | 323-392 | 440-490 | 10,4-36,0 | 21,0-40,0 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, сплава | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | КСУ, Дж/см ² | Примечание | |
|----------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|---|--|
| ХН65КМВЮТЛ (ЖС 6К) | 20 | 795-950 | 940-1060 | 1,5-8,4 | 2,0-10,3 | 15-50 | Закалка 1215°С, 4 ч, воздух. Отдельно отлитые образцы, равноосная структура | |
| | 800 | 785-900 | 920-980 | 1,5-3,0 | 2,0-4,5 | 13-25 | | |
| | 850 | 813-835 | 882-902 | 1,8-1,9 | 3,3-3,5 | 12-20 | | |
| | 900 | 666-705 | 784-804 | 2,0-2,3 | 3,9-5,0 | 12-26 | | |
| | 950 | 510-568 | 588-656 | 1,5-2,1 | 2,0-4,0 | — | | |
| | 1000 | 372-392 | 440-460 | 2,5-4,0 | 3,6-5,0 | — | | |
| | 20 | 813 | 862 | 7,1 | — | 20 | | Закалка 1215°С, 4 ч, воздух. Отдельно отлитые образцы, направленная структура |
| | 800 | 784-902 | 911-1058 | 1,3-4,7 | — | — | | |
| 900 | 666-735 | 804-862 | 12-16 | — | — | | | |
| 1000 | 412-470 | 490-550 | 10-18 | — | — | | | |
| ХН65ВКМБЮТЛ (ЭИ 539ЛМУ) | 20 | 730 | 856 | 4,5 | 8,4 | 21 | Закалка 1180°С, 4ч, охлаждение 1,5–2,5 ч, до 900°С, далее на воздухе. Старение 850°С, 24 ч, воздух. Отдельно отлитые образцы | |
| | 550 | 589 | 750 | 3,6 | 8,8 | — | | |
| | 650 | 675 | 756 | 3,5 | 7,2 | — | | |
| | 700 | 563 | 815 | 3,4 | 3,9 | — | | |
| | 800 | 638 | 810 | 7,8 | 12,6 | — | | |
| | 850 | 488 | 647 | 8,3 | 8,1 | — | | |
| | 900 | 439 | 571 | 10,7 | 14,7 | — | | |
| | 950 | 300 | 418 | 20,5 | 33,9 | — | | |
| | 1000 | 214 | 299 | 20,9 | 36,9 | — | | |
| | 20 | 690 | 780 | 3,5 | 3,5 | 16-18 | | Термообработка та же. Хвостовик направляющей лопатки 2-ой ступени турбины ГТН 25 |
| 800 | 630 | 780 | 8,2 | 8,2 | — | | | |
| ХН70КВМЮТЛ (ЦНК 17П) | 20 | 717 | 850 | 7 | — | 31 | Отдельно отлитые образцы, без термообработки | |
| | 550 | 830 | 921 | 6,8 | — | — | | |
| | 670 | 750 | 912 | 5,6 | — | — | | |
| | 700 | 668 | 923 | 6,8 | — | — | | |
| | 750 | 675 | 860 | 6,5 | — | — | | |
| | 800 | 680 | 745 | 6,4 | — | — | | |

5. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОВОЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР [1]

| Марка стали, (сплава) | $t_{исп}$, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | $\frac{K_{\psi}}{\%}$ Н/мм ² | Состояние материала и условия испытания |
|-----------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|--|---|
| Ст3сп | 700 | 73 | 102 | 57 | 96 | 0,94 | Кованный и нормализованный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 51 | 63 | 95 | 95 | 1,51 | |
| | 900 | 38 | 65 | 84 | 100 | 1,54 | |
| | 1000 | 25 | 43 | 79 | 100 | 2,33 | |
| | 1100 | 19 | 31 | 80 | 100 | 3,23 | |
| | 1200 | 14 | 25 | 84 | 100 | 4,00 | |
| Ст5сп | 900 | 40 | 66 | 62,4 | 90 | 1,36 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $V = 2$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,001$ с ⁻¹ |
| | 1000 | 37 | 49 | 81,4 | 90 | 1,84 | |
| | 1100 | 14 | 28 | 64,8 | 90 | 3,21 | |
| | 1200 | — | 16 | 59,0 | 90 | 5,62 | |
| | 1250 | — | 11 | 58,4 | 90 | 8,18 | |
| 15 | 700 | — | 55 | 73,9 | 92 | 1,67 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 1,1$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,0004$ с ⁻¹ |
| | 800 | — | 57 | 35,7 | 43,6 | 0,76 | |
| | 900 | — | 44 | 45,6 | 48,6 | 1,10 | |
| | 1000 | — | 27 | 51,6 | 80,5 | 2,98 | |
| | 1100 | — | 24 | 57,5 | 100 | 4,17 | |
| | 1200 | — | 14 | 65,1 | 100 | 7,14 | |
| 20 | 700 | — | 127 | 39 | 94 | 0,74 | Деформированный. Образец: $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $V = 10$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹ |
| | 800 | — | 89 | 51 | 96 | 1,08 | |
| | 900 | — | 76 | 55 | 100 | 1,32 | |
| | 1000 | — | 47 | 63 | 100 | 2,13 | |
| | 1100 | — | 30 | 59 | 100 | 3,33 | |
| | 1200 | — | 20 | 64 | 100 | 5,00 | |
| 25 | 700 | 128 | 147 | 41,5 | 76,5 | 0,52 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 69 | 96 | 56,7 | 78,4 | 0,82 | |
| | 900 | 47 | 79 | 52,9 | 95,3 | 1,21 | |
| | 1000 | 40 | 54 | 59,7 | 100 | 1,85 | |
| | 1100 | 24 | 38 | 66,2 | 100 | 2,63 | |
| | 1200 | 14 | 23 | 101 | 100 | 4,35 | |
| | 1300 | 20 | 25 | 66,6 | 100 | 4,00 | |
| 30 | 800 | — | 98 | 49 | 98 | 1,00 | Деформированный. Образец: $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $V = 10$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | — | 77 | 53 | 100 | 1,30 | |
| | 1000 | — | 48 | 56 | 100 | 2,08 | |
| | 1100 | — | 30 | 58 | 100 | 3,33 | |
| | 1200 | — | 21 | 64 | 100 | 4,76 | |
| 35 | 700 | 102 | 149 | 34,0 | 74,8 | 0,50 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 69 | 110 | 55,8 | 100 | 0,91 | |
| | 900 | 55 | 74 | 53,6 | 100 | 1,35 | |
| | 1000 | 30 | 51 | 69,0 | 100 | 1,96 | |
| | 1100 | 21 | 39 | 74,1 | 100 | 2,56 | |
| | 1200 | 15 | 26 | 84,5 | 100 | 3,85 | |
| | 1300 | 18 | 23 | 58 | 100 | 4,35 | |
| 40 | 700 | 99 | 142 | 47,5 | 85,4 | 0,60 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 70 | 111 | 52,5 | 97,2 | 0,84 | |
| | 900 | 54 | 71 | 55 | 100 | 1,41 | |
| | 1000 | 28 | 58 | 69,2 | 100 | 1,72 | |
| | 1100 | 24 | 37 | 59,9 | 100 | 2,70 | |
| | 1200 | 16 | 25 | 87,2 | 100 | 4,00 | |
| | 1300 | 12 | 18 | 56,4 | 100 | 5,55 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, (сплава) | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | K_{ψ} , % Н/мм ² | Состояние материала и условия испытания |
|-----------------------|----------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------------------|---|
| | | | | | | | |
| 45 | 700 | 137 | 168 | 43 | 96 | 0,57 | Кованный и нормализованный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 64 | 113 | 58 | 98 | 0,87 | |
| | 900 | 54 | 76 | 62 | 100 | 1,32 | |
| | 1000 | 34 | 50 | 72 | 100 | 2,00 | |
| | 1100 | 22 | 34 | 81 | 100 | 2,94 | |
| | 1200 | 15 | 26 | 90 | 100 | 3,85 | |
| 50 | 700 | 87 | 115 | 39 | 97,4 | 0,85 | Деформированный. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 5$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,002$ с ⁻¹ |
| | 800 | 45 | 81 | 45 | 100 | 1,23 | |
| | 900 | 16 | 50 | 43 | 100 | 2,00 | |
| | 1000 | 11 | 36 | 35,1 | 100 | 2,76 | |
| | 1100 | 8 | 28 | 41,2 | 100 | 3,52 | |
| | 1200 | 8 | 22 | 49 | 100 | 4,64 | |
| 45Г2 | 800 | 97 | 120 | 34,6 | 98 | 0,82 | Прокатанный и отожжённый. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | 55 | 74 | 54 | 98,4 | 1,34 | |
| | 1000 | 35 | 49 | 58,9 | 100 | 2,04 | |
| | 1100 | 26 | 35 | 62,7 | 100 | 2,83 | |
| | 1200 | 17 | 25 | 72,5 | 100 | 3,92 | |
| 20Х | 700 | 118 | 149 | 48 | 89 | 0,60 | Кованный и нормализованный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 63 | 93 | 56 | 74 | 0,80 | |
| | 900 | 51 | 84 | 64 | 88 | 1,05 | |
| | 1000 | 33 | 51 | 78 | 97 | 1,90 | |
| | 1100 | 21 | 33 | 98 | 100 | 3,03 | |
| | 1200 | 14 | 26 | — | — | — | |
| 40Х | 700 | 142 | 175 | 33,2 | 78,1 | 0,45 | Кованный и отожжённый. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 5$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,002$ с ⁻¹ |
| | 800 | 54 | 98 | 59,3 | 98,5 | 1,01 | |
| | 900 | 41 | 70 | 64,5 | 100 | 1,43 | |
| | 1000 | 24 | 43 | 68 | 100 | 2,33 | |
| | 1100 | 11 | 25 | 68 | 100 | 4,00 | |
| | 1200 | 11 | 24 | 70 | 100 | 4,17 | |
| 30ХМ, 30ХМА | 800 | 80 | 127 | 69,4 | 67 | 0,53 | Прессованный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 1000 | 41 | 56 | 64,3 | 100 | 1,79 | |
| | 1200 | 14 | 26 | 54,9 | 100 | 3,85 | |
| 34ХМА | 800 | 82 | 142 | 64,1 | 82,1 | 0,58 | Прессованный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 1000 | 40 | 60 | 41,8 | 54,6 | 0,91 | |
| | 1200 | 17 | 27 | 51,8 | 100 | 3,64 | |
| 30ХГС, 30ХГСА | 700 | — | 175 | 59,3 | 50,8 | 0,29 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $V = 2$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,0013$ с ⁻¹ |
| | 800 | — | 85 | 61,6 | 74,8 | 0,88 | |
| | 900 | — | 53 | 84,4 | 90 | 1,70 | |
| | 1000 | — | 37 | 71,1 | 90 | 2,43 | |
| | 1100 | — | 21 | 59,3 | 90 | 4,29 | |
| | 1200 | — | 10 | 84,5 | 90 | 9,00 | |
| 18ХГТ | 700 | 204 | 235 | 46,5 | 88,0 | 0,37 | Кованный и нормализованный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 50$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,03$ с ⁻¹ |
| | 800 | 76 | 137 | 51 | 94 | 0,68 | |
| | 900 | 54 | 95 | 54,5 | 96,2 | 1,01 | |
| | 1000 | 50 | 78 | 58 | 100 | 1,27 | |
| | 1100 | 25 | 43 | 61,5 | 100 | 2,32 | |
| | 1200 | 14 | 25 | 56 | 100 | 3,92 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, (сплава) | $t_{\text{исп}},$ °C | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}},$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | $\frac{K_{\psi},}{\%}$ Н/мм ² | Состояние материала и условия испытания |
|----------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|---|----------------|--------------|---|--|
| 12Х1МФ (ЭИ 575) | 850 | 73 | 82 | 36 | 85 | 1,04 | Образцы вырезаны из труб в продольном направлении. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 900 | 51 | 66 | 44 | 97 | 1,47 | |
| | 950 | 44 | 60 | 54 | 98 | 1,63 | |
| | 1000 | 35 | 50 | 60 | 100 | 2,00 | |
| | 1050 | 30 | 42 | 56 | 100 | 2,38 | |
| | 1100 | 23 | 31 | 58 | 100 | 3,23 | |
| | 1150 | 14 | 18 | 55 | 100 | 5,56 | |
| 25Х1МФ (ЭИ 10) | 800 | 146 | 178 | 43 | 88 | 0,49 | Кованый и отожжённый. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 900 | 121 | 133 | 43 | 80 | 0,60 | |
| | 1000 | 66 | 76 | 42 | 64 | 0,84 | |
| | 1100 | 39 | 44 | 33 | 40 | 0,91 | |
| | 1200 | 21 | 25 | 61 | 100 | 4,00 | |
| | 1250 | 19 | 22 | 49 | 100 | 4,55 | |
| 20Х1М1Ф1ТР (ЭП 182) | 700 | 663 | 712 | 6,5 | 38,8 | 0,05 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 233 | 282 | 19,2 | 85,0 | 0,30 | |
| | 900 | 92 | 155 | 46,1 | 93,2 | 0,60 | |
| | 1000 | 83 | 105 | 36,6 | 100 | 0,95 | |
| | 1100 | 37 | 46 | 50,1 | 100 | 2,17 | |
| | 1200 | 24 | 31 | 82,1 | 100 | 3,23 | |
| | 1300 | 14 | 18 | — | 100 | 5,56 | |
| 20ХГНР | 800 | 115 | 119 | 40,5 | 84,1 | 0,71 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 320$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | 73 | 82 | 46,7 | 99,6 | 3,13 | |
| | 1000 | 32 | 44 | 57,5 | 100 | 2,27 | |
| | 1100 | 19 | 29 | 63 | 100 | 4,40 | |
| | 1200 | 15 | 25 | 76 | 100 | 4,08 | |
| | 1250 | 16 | 23 | 82,1 | 100 | 4,43 | |
| 34ХН1М, 34ХН1МА | 800 | 87 | 148 | 49 | 84,3 | 0,57 | Прессованный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 1000 | 38 | 57 | 46 | 64,7 | 1,14 | |
| | 1200 | 20 | 26 | 45,2 | 100 | 3,78 | |
| 40ХН2МА (40ХНМА) | 700 | — | 183 | 17,2 | 32,4 | 0,18 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $V = 2$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,001$ с ⁻¹ |
| | 800 | — | 89 | 65,5 | 90 | 1,01 | |
| | 900 | — | 50 | 69,3 | 90 | 1,80 | |
| | 1000 | — | 35 | 75 | 90 | 2,55 | |
| | 1100 | — | 24 | 72 | 90 | 3,82 | |
| | 1200 | — | 14 | 61,7 | 90 | 6,56 | |
| 30ХГСН2А (30ХГСНА) | 800 | 98 | 117 | 33 | 76,8 | 0,66 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | 64 | 84 | 51 | 77,2 | 0,95 | |
| | 1000 | 42 | 49 | 53,1 | 90 | 1,84 | |
| | 1100 | 25 | 32 | 67,2 | 100 | 3,09 | |
| | 1200 | 15 | 22 | 69,2 | 100 | 4,64 | |
| | 1250 | 11 | 17 | 76,8 | 100 | 6,00 | |
| 12ХН3А | 700 | 70 | 141 | 40,8 | 77,5 | 0,55 | Кованый и отожжённый. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 5$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,002$ с ⁻¹ |
| | 800 | 29 | 89 | 61,1 | 97 | 1,09 | |
| | 900 | 26 | 68 | 58 | 100 | 1,48 | |
| | 1000 | 23 | 44 | 63 | 100 | 2,27 | |
| | 1100 | 23 | 43 | 72,7 | 100 | 2,32 | |
| | 1200 | 12 | 25 | 70,3 | 100 | 4,08 | |
| | 1250 | 10 | 18 | 67,3 | 100 | 5,67 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, (сплава) | $t_{\text{исп}}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | $K_{\text{ч}}$, % Н/мм ² | Состояние материала и условия испытания |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---|--------------|------------|---|---|
| | | | | | | | |
| 34ХН3М, 34ХН3МА | 825 | 87 | 145 | 62 | 98 | 0,68 | Кованый. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 925 | 51 | 91 | 67 | 98 | 1,07 | |
| | 1025 | 36 | 66 | 72 | 100 | 1,52 | |
| 25Х2М1Ф (ЭИ 723) | 800 | 265 | 275 | 29 | 72 | 0,26 | Кованый. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 850 | 255 | 265 | 35 | 86 | 0,32 | |
| | 900 | 216 | 226 | 34 | 90 | 0,40 | |
| | 950 | 124 | 141 | 40 | 93 | 0,66 | |
| | 1000 | 83 | 93 | 60 | 92 | 0,99 | |
| | 1100 | 53 | 61 | 61 | 81 | 1,33 | |
| | 1200 | 32 | 37 | 55 | 84 | 2,27 | |
| 1250 | 27 | 28 | 58 | 100 | 3,57 | | |
| 38Х2МЮА (38ХМЮА) | 800 | 98 | 112 | 66,5 | 95,4 | 0,85 | Прокатанный и отожжённый. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | 67 | 84 | 57,5 | 96,8 | 1,15 | |
| | 1000 | 40 | 50 | 65,7 | 98,1 | 1,96 | |
| | 1100 | 22 | 31 | 77,3 | 100 | 3,19 | |
| | 1200 | 15 | 22 | 77,0 | 100 | 4,64 | |
| 1250 | 11 | 18 | 94,5 | 100 | 5,67 | | |
| 12Х2Н4А | 800 | 99 | 113 | 35 | 91 | 0,81 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | 64 | 80 | 56,1 | 96,1 | 1,20 | |
| | 1000 | 43 | 54 | 64,5 | 100 | 1,85 | |
| | 1100 | 31 | 42 | 64,3 | 100 | 2,37 | |
| | 1200 | 20 | 28 | 58 | 100 | 3,52 | |
| 1250 | 15 | 23 | 62 | 100 | 4,43 | | |
| 20Х2Н4А | 700 | 63 | 122 | 55,6 | 77,8 | 0,64 | Кованый и отожжённый. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 5$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,002$ с ⁻¹ |
| | 800 | 45 | 56 | 63,9 | 95,4 | 1,71 | |
| | 900 | 36 | 56 | 57,7 | 100 | 1,79 | |
| | 1000 | 22 | 37 | 63,3 | 100 | 2,68 | |
| | 1100 | 20 | 27 | 59,2 | 100 | 3,64 | |
| | 1150 | 16 | 25 | 65,3 | 100 | 3,92 | |
| 1220 | 16 | 22 | 71,3 | 100 | 4,64 | | |
| 18Х2Н4МА (18Х2Н4ВА) | 700 | 226 | 265 | 31 | 69 | 0,26 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 73 | 130 | 35 | 34 | 0,26 | |
| | 900 | 55 | 79 | 22 | 23 | 0,29 | |
| | 1000 | 41 | 55 | 31 | 36 | 0,66 | |
| | 1100 | 24 | 36 | 63 | 100 | 2,76 | |
| 1200 | 20 | 25 | 46 | 100 | 4,08 | | |
| 20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579) | 1000 | 28 | 50 | 58,7 | 96,7 | 1,93 | Кованый и нормализованный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 2$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,0009$ с ⁻¹ |
| | 1050 | 23 | 39 | 64,0 | 100 | 2,56 | |
| | 1100 | 22 | 34 | 66,6 | 100 | 2,94 | |
| | 1150 | 15 | 27 | 64,6 | 100 | 3,70 | |
| 60С2, 60С2А | 800 | 83 | 97 | 65,6 | 96,7 | 1,00 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | 55 | 67 | 61,8 | 95,8 | 1,44 | |
| | 1000 | 35 | 42 | 61,0 | 100 | 2,37 | |
| | 1100 | 20 | 25 | 78,0 | 100 | 3,92 | |
| | 1200 | 12 | 15 | 89,6 | 100 | 6,80 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, (сплава) | $t_{\text{исп}}$, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | $\frac{K_{\psi}}{\%}$, Н/мм ² | Состояние материала и условия испытания |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---|--------------|------------|---|--|
| ШХ15 | 1000 | 32 | 42 | 61 | 100 | 2,37 | Деформированный и отожжённый. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 1050 | 28 | 48 | 62 | 100 | 2,08 | |
| | 1100 | 20 | 29 | 72 | 100 | 3,40 | |
| | 1150 | 17 | 25 | 61 | 100 | 3,92 | |
| | 1200 | 18 | 22 | 76 | 100 | 4,64 | |
| 40Х9С2 (4Х9С2, ЭСХ 8) | 700 | — | 137 | 53,5 | 94,8 | 0,69 | Прокатанный и отожжённый. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 1,1$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,0004$ с ⁻¹ |
| | 800 | | 51 | 69,9 | 97,5 | 1,91 | |
| | 900 | | 59 | 33,7 | 59,0 | 1,00 | |
| | 1000 | | 45 | 28,5 | 44,6 | 0,99 | |
| | 1100 | | 23 | 32,9 | 42,2 | 1,87 | |
| | 1200 | | 16 | 71,1 | 73,7 | 4,70 | |
| 15Х11МФ (1Х11МФ) | 900 | — | 118 | 80 | 94 | 0,80 | Кованный, закалённый и отпущенный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 1000 | | 69 | 72 | 95 | 1,38 | |
| | 1100 | | 29 | 66 | 100 | 3,45 | |
| | 1200 | | 20 | 56 | 94 | 4,70 | |
| 18Х11МНФБ (2Х11МФБН, ЭП 291) | 700 | 439 | 459 | 16,9 | 86,9 | 0,19 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 190 | 218 | 44,0 | 96,5 | 0,44 | |
| | 900 | 172 | 212 | 30,2 | 71,2 | 0,34 | |
| | 1000 | 92 | 136 | 35,3 | 87,1 | 0,64 | |
| | 1100 | 52 | 76 | 48,7 | 100 | 1,32 | |
| | 1200 | 32 | 35 | 61,8 | 100 | 2,86 | |
| | 1300 | 9 | 11 | 54,0 | 97,0 | 8,82 | |
| | 1350 | 11 | 12 | 64,0 | 97,7 | 8,14 | |
| 13Х11Н2В2МФ-III (ЭИ 961-III) | 900 | 105 | 135 | 64 | 87 | 0,64 | — |
| | 1000 | 39 | 71 | 58 | 81 | 1,14 | |
| | 1100 | 28 | 41 | 61 | 95 | 2,32 | |
| | 1200 | 22 | 27 | 55 | 87 | 3,22 | |
| 18Х12ВМБФР-III (ЭИ 993-III) | 700 | 509 | 535 | 13,6 | 79,5 | 0,15 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 179 | 203 | 24,4 | 92,5 | 0,46 | |
| | 900 | 109 | 139 | 69,9 | 95,3 | 0,69 | |
| | 1000 | 84 | 107 | 45,5 | 95,9 | 0,90 | |
| | 1100 | 47 | 66 | 54,2 | 100 | 1,52 | |
| | 1200 | 25 | 27 | 67,5 | 100 | 3,70 | |
| | 1350 | 17 | 18 | 52,8 | 100 | 5,56 | |
| 37Х12Н8Г8МФБ (ЭИ 481) | 800 | 247 | 346 | 12,0 | 22,2 | 0,06 | Прокатанный и отожжённый. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | 164 | 179 | 21,7 | 59,4 | 0,33 | |
| | 1000 | 83 | 92 | 37,6 | 78,2 | 0,85 | |
| | 1100 | 47 | 49 | 45,4 | 87,7 | 1,79 | |
| | 1200 | 24 | 26 | 51,0 | 78,8 | 2,98 | |
| | 1250 | 20 | 21 | 21,0 | 41,0 | 1,99 | |
| 12Х13 (1Х13) | 800 | 69 | 82 | 47,7 | 95,4 | 1,16 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | 63 | 78 | 59,7 | 81,0 | 1,04 | |
| | 1000 | 38 | 53 | 68,0 | 90,0 | 1,70 | |
| | 1100 | 24 | 33 | 72,0 | 96,0 | 2,91 | |
| | 1200 | 14 | 20 | 62,0 | 95,2 | 4,76 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, (сплава) | $t_{исп}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | K_{ψ} , % Н/мм ² | Состояние материала и условия испытания |
|--|----------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------------------|--|
| | | | | | | | |
| 20X13 (2X13) | 800 | 59 | 70 | 51 | 98 | 1,40 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 850 | 79 | 114 | 43 | 53 | 0,46 | |
| | 900 | 75 | 104 | 56 | 74 | 0,71 | |
| | 950 | 53 | 77 | 58 | 76 | 0,99 | |
| | 1000 | 39 | 61 | 59 | 65 | 1,07 | |
| | 1100 | 25 | 37 | 65 | 90 | 2,43 | |
| | 1150 | 21 | 31 | 84 | 100 | 3,23 | |
| 30X13 (3X13) | 800 | 77 | 89 | 67 | 98 | 1,10 | Деформированный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 900 | 93 | 130 | 82 | 82 | 0,63 | |
| | 1000 | 50 | 76 | 70 | 97 | 1,28 | |
| | 1100 | 37 | 43 | 71 | 98 | 2,28 | |
| | 1200 | 25 | 29 | 74 | 98 | 3,38 | |
| 40X13 (4X13) | 800 | 119 | 132 | 64 | 96 | 0,73 | Деформированный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 900 | 102 | 125 | 68 | 92 | 0,74 | |
| | 950 | 74 | 90 | 84 | 96 | 1,06 | |
| | 1000 | 51 | 75 | 70 | 98 | 1,31 | |
| | 1050 | 45 | 57 | 73 | 100 | 1,76 | |
| | 1100 | 43 | 53 | 60 | 98 | 1,85 | |
| | 1150 | 34 | 40 | 64 | 100 | 2,49 | |
| 09X14N19B2BP1 (ЭИ 726) | 1050 | 73 | 84 | 54,0 | 100 | 1,19 | Кованный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 1100 | 54 | 61 | 54,0 | 100 | 1,64 | |
| | 1150 | 41 | 46 | 42,0 | 93 | 2,02 | |
| | 1200 | 32 | 33 | 16,8 | 47 | 1,41 | |
| | 1250 | 14 | 18 | 17,9 | 34 | 1,93 | |
| 08X16N13M2Б (ЭИ 405, ЭИ 680) | 700 | 319 | 404 | 17,6 | 59,9 | 0,15 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 263 | 288 | 15,4 | 52,1 | 0,18 | |
| | 900 | 240 | 261 | 12,9 | 36,2 | 0,14 | |
| | 1000 | 179 | 186 | 13,9 | 31,6 | 0,17 | |
| | 1100 | 83 | 87 | 43,0 | 63,5 | 0,73 | |
| | 1200 | 43 | 47 | 54,1 | 81,5 | 1,73 | |
| | 1300 | 27 | 27 | 23,5 | 45,3 | 1,68 | |
| 12X17 (X17,ЭЖ 17) | 700 | — | 84 | 66,8 | 96,7 | 1,15 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 1,1$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,0004$ с ⁻¹ |
| | 800 | — | 40 | 63,5 | 98,1 | 2,44 | |
| | 900 | — | 22 | 58,1 | 98,3 | 4,56 | |
| | 1000 | — | 21 | 81,4 | 97,0 | 4,71 | |
| | 1100 | — | 14 | 72,8 | 97,2 | 7,08 | |
| | 1200 | — | 8 | 85,2 | 99,0 | 12,62 | |
| | 1300 | — | 6 | 99,2 | 96,9 | 16,47 | |
| 10X17N13M2T (X17N13M2T, ЭИ 448) | 800 | 167 | 235 | 26,5 | 44,1 | 0,19 | Прокатанный. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | 129 | 143 | 38,5 | 59,0 | 0,41 | |
| | 1000 | 74 | 81 | 34,5 | 64,0 | 0,79 | |
| | 1100 | 41 | 46 | 40,5 | 84,4 | 1,83 | |
| | 1200 | 23 | 27 | 77,3 | 99,3 | 3,68 | |
| | 1250 | 18 | 22 | 79,6 | 100 | 4,55 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, (сплава) | $t_{\text{исп}},$ °C | $\sigma_{0,2},$ Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}},$ Н/мм ² | $\delta,$ % | $\psi,$ % | $\frac{K_{\psi},}{\%}$ Н/мм ² | Состояние материала и условия испытания |
|--|-------------------------|--------------------------------------|---|----------------|--------------|---|---|
| 12X18H9 (X18H9) | 700 | — | 212 | 47,3 | 76,3 | 0,36 | Прокатанный. Образец: $d_0=10$ мм, $l_0=50$ мм; $V=1,1$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,0004$ с ⁻¹ |
| | 800 | | 120 | 57,2 | 69,5 | 0,58 | |
| | 900 | | 68 | 64,8 | 66,1 | 0,97 | |
| | 1000 | | 38 | 56,1 | 60,4 | 1,59 | |
| | 1100 | | 30 | 63,8 | 59,4 | 1,98 | |
| | 1200 | | 16 | 44,5 | 70,9 | 4,43 | |
| 12X18H9T (X18H9T) | 800 | 155 | 201 | 26,6 | 57,0 | 0,28 | Прокатанный. Образец: $d_0=10$ мм, $l_0=50$ мм; $V=20$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | 108 | 120 | 41,0 | 89,7 | 0,75 | |
| | 1000 | 58 | 66 | 49,7 | 95,3 | 1,44 | |
| | 1100 | 35 | 38 | 65,8 | 98,5 | 2,59 | |
| | 1200 | 22 | 25 | 79 | 100 | 4,00 | |
| 36X18H25C2 (4X18H25C2, ЭЯ 3С) | 800 | 185 | 244 | 34,0 | 66,2 | 0,27 | Кованый. Образец: $d_0=10$ мм, $l_0=50$ мм; $V=20$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | 127 | 143 | 47,9 | 87,7 | 0,61 | |
| | 1000 | 71 | 76 | 54,6 | 88,4 | 1,17 | |
| | 1100 | 40 | 44 | 70,6 | 96,2 | 2,18 | |
| | 1200 | 28 | 31 | 85,7 | 100 | 3,19 | |
| 31X19H9МВБТ (ЭИ 572) | 800 | 275 | 314 | 33 | 68 | 0,22 | Кованый и отожжённый. Образец: $d_0=6$ мм, $l_0=30$ мм; $V=16$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,009$ с ⁻¹ |
| | 850 | 275 | 284 | 28 | 67 | 0,24 | |
| | 900 | 206 | 216 | 28 | 67 | 0,31 | |
| | 950 | 206 | 216 | 21 | 64 | 0,30 | |
| | 1000 | 114 | 118 | 45 | 85 | 0,72 | |
| | 1100 | 66 | 80 | 54 | 90 | 1,12 | |
| | 1200 | 41 | 49 | 59 | 94 | 1,92 | |
| 08X22H6T (0X22H5T, ЭП 53) | 900 | 109 | 129 | 43,0 | 68,5 | 0,53 | Прокатанный и отожжённый. Образец: $d_0=10$ мм, $l_0=50$ мм; $V=20$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,007$ с ⁻¹ |
| | 1000 | 76 | 80 | 49,0 | 69,2 | 0,86 | |
| | 1100 | 59 | 60 | 55,5 | 72,0 | 1,20 | |
| | 1200 | 42 | 43 | 62,7 | 77,0 | 1,78 | |
| | 1250 | 32 | 33 | 62,5 | 90,5 | 2,71 | |
| 20X23H18 (X23H18, ЭИ 417) | 800 | 216 | 254 | 24,2 | 66,8 | 0,26 | Прокатанный. Образец: $d_0=10$ мм, $l_0=50$ мм; $V=20$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | 135 | 135 | 37,1 | 77,3 | 0,58 | |
| | 1000 | 64 | 71 | 49,3 | 76,8 | 1,09 | |
| | 1100 | 39 | 44 | 51,2 | 69,5 | 1,57 | |
| | 1200 | 22 | 27 | 27,2 | 30,7 | 1,12 | |
| 20X25H20C2 (X25H20C2, ЭИ 283) | 1000 | 55 | 76 | 47,0 | 78,0 | 1,02 | Прокатанный. Образец: $d_0=5$ мм, $l_0=25$ мм; $V=2$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,001$ с ⁻¹ |
| | 1100 | 32 | 37 | 53,3 | 75,3 | 2,02 | |
| | 1200 | 17 | 23 | 69,7 | 81,8 | 3,63 | |
| У7, У7А | 700 | — | 108 | 64 | 90 | 0,83 | Деформированный и отожжённый. Образец: $d_0=5$ мм, $l_0=25$ мм; $V=10$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,007$ с ⁻¹ |
| | 800 | | 94 | 65 | 100 | 1,06 | |
| | 900 | | 63 | 60 | 100 | 1,59 | |
| | 1000 | | 36 | 62 | 100 | 2,76 | |
| | 1100 | | 22 | 65 | 100 | 4,64 | |
| | 1200 | | 17 | 92 | 100 | 6,00 | |
| У8, У8А | 700 | — | 104 | 58 | 91 | 0,88 | Деформированный и отожжённый. Образец: $d_0=5$ мм, $l_0=25$ мм; $V=10$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,007$ с ⁻¹ |
| | 800 | | 91 | 58 | 100 | 1,10 | |
| | 900 | | 55 | 62 | 100 | 1,82 | |
| | 1000 | | 33 | 62 | 100 | 3,00 | |
| | 1100 | | 21 | 80 | 100 | 4,86 | |
| | 1200 | | 15 | 69 | 100 | 6,80 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, (сплава) | $t_{\text{исп}}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ , % | ψ , % | $K_{\text{ч}}$, % | Состояние материала и условия испытания |
|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|---|--------------|------------|--------------------------------|---|
| | | | | | | $\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ | |
| У10, У10А | 700 | — | 105 | 50 | 87 | 0,83 | Деформированный и отожжённый. Образец: $d_0=5$ мм, $l_0=25$ мм; $V=10$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,007$ с ⁻¹ |
| | 800 | | 90 | 52 | 100 | 1,11 | |
| | 900 | | 55 | 59 | 100 | 1,82 | |
| | 1000 | | 29 | 70 | 100 | 3,40 | |
| | 1100 | | 18 | 78 | 100 | 5,67 | |
| | 1200 | | 16 | 86 | 100 | 6,37 | |
| У12, У12А | 700 | — | 104 | 60 | 68 | 0,65 | Деформированный и отожжённый. Образец: $d_0=5$ мм, $l_0=25$ мм; $V=10$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,007$ с ⁻¹ |
| | 800 | | 100 | 52 | 96 | 0,96 | |
| | 900 | | 60 | 40 | 100 | 1,67 | |
| | 1000 | | 34 | 65 | 100 | 2,91 | |
| | 1100 | | 18 | 74 | 100 | 5,67 | |
| | 1200 | | 15 | 92 | 100 | 6,80 | |
| 9ХС | 800 | 108 | 131 | 26,3 | 68,4 | 0,52 | Прокатанный. Образец: $d_0=10$ мм, $l_0=50$ мм; $V=20$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | 65 | 74 | 40,8 | 95,4 | 1,30 | |
| | 1000 | 42 | 46 | 51,8 | 85,7 | 1,86 | |
| | 1100 | 20 | 31 | 53,6 | 82,7 | 2,64 | |
| | 1200 | 15 | 20 | 82,9 | 100,0 | 5,10 | |
| | 1250 | 12 | 16 | 78,0 | 99,0 | 6,31 | |
| Х12МФ | 700 | — | 140 | 43,5 | 67,9 | 0,48 | Кованный и отожжённый. Образец: $d_0=13$ мм, $l_0=50$ мм; $V=1,1$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,004$ с ⁻¹ |
| | 800 | | 123 | 32,5 | 58,0 | 0,47 | |
| | 900 | | 81 | 46,2 | 53,6 | 0,66 | |
| | 1000 | | 46 | 35,9 | 49,3 | 1,07 | |
| | 1100 | | 25 | 48,1 | 48,1 | 1,96 | |
| | 1200 | | 8 | 3,1 | 13,6 | 1,73 | |
| 90ХМФ | 800 | 123 | 157 | 35,1 | 92,2 | 0,59 | Образцы вырезаны из поковки валка в тангенциальном направлении. Образец: $d_0=6$ мм, $l_0=30$ мм; $V=16$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,009$ с ⁻¹ |
| | 900 | 92 | 112 | 51,2 | 98,3 | 0,88 | |
| | 1000 | 49 | 64 | 70,6 | 100 | 1,57 | |
| | 1100 | 25 | 37 | 82,4 | 100 | 2,68 | |
| | 1180 | 20 | 26 | 83,2 | 100 | 4,15 | |
| 9Х1 (9Х) | 700 | 103 | 131 | 58,9 | 95,0 | 0,72 | Прокатанный и термически обработанный. Образец: $d_0=6$ мм, $l_0=30$ мм; $V=16$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 87 | 120 | 56,9 | 94,5 | 0,79 | |
| | 900 | 44 | 76 | 53,9 | 94,3 | 1,25 | |
| | 1000 | 33 | 51 | 66,5 | 98,4 | 1,93 | |
| | 1100 | 17 | 28 | 80,1 | 100 | 3,52 | |
| | 1200 | 11 | 19 | 73,3 | 100 | 5,37 | |
| 60ХН | 700 | — | 94 | 39,6 | 100 | 1,06 | Деформированный. Образец: $d_0=10$ мм, $l_0=50$ мм; $V=5$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,002$ с ⁻¹ |
| | 800 | | 77 | 40,0 | 100 | 1,29 | |
| | 900 | | 55 | 46,0 | 100 | 1,82 | |
| | 1000 | | 38 | 39,6 | 100 | 2,61 | |
| | 1100 | | 27 | 38,0 | 100 | 3,64 | |
| | 1200 | | 23 | 39,2 | 100 | 4,43 | |
| 9Х2 | 700 | 124 | 162 | 44,8 | 83,1 | 0,51 | Кованный и отожжённый. Образец: $d_0=6$ мм, $l_0=30$ мм; $V=16$ мм/мин, $\dot{\epsilon}=0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 101 | 136 | 46,9 | 91,3 | 0,67 | |
| | 900 | 106 | 134 | 50,5 | 83,9 | 0,62 | |
| | 1000 | 41 | 50 | 53,4 | 100 | 2,00 | |
| | 1100 | 21 | 30 | 75,0 | 100 | 3,29 | |
| | 1200 | 11 | 12 | 70,7 | 100 | 8,50 | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, (сплава) | $t_{исп}$, °C | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | $\frac{K_{\psi}}{\%}$ Н/мм ² | Состояние материала и условия испытания |
|-----------------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|--|--|
| P18 | 700 | 373 | 431 | 23 | 61 | 0,14 | Кованный и отожжённый. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,001$ с ⁻¹ |
| | 800 | 185 | 216 | 42 | 79 | 0,37 | |
| | 900 | 151 | 190 | 46 | 71 | 0,37 | |
| | 1000 | 114 | 117 | 54 | 53 | 0,45 | |
| | 1100 | 60 | 64 | 70 | 83 | 1,30 | |
| | 1200 | 25 | 26 | 49 | 80 | 3,02 | |
| | 1250 | 19 | 20 | 41 | 79 | 4,03 | |
| 06X14H5ДМФЛ | 700 | 262 | 292 | 38,0 | 75,0 | 0,26 | — |
| | 800 | 94 | 172 | 51,9 | 76,5 | 0,44 | |
| | 900 | 59 | 103 | 69,4 | 92,2 | 0,90 | |
| | 1000 | 38 | 61 | 79,2 | 94,2 | 1,54 | |
| | 1050 | 32 | 50 | 85,0 | 96,2 | 1,92 | |
| | 1100 | 26 | 40 | 86,5 | 98,9 | 2,47 | |
| | 1150 | 18 | 27 | 68,1 | 100 | 3,70 | |
| | 1200 | 17 | 21 | 71,0 | 100 | 4,76 | |
| ХН35ВТ (ЭИ 612) | 900 | 180 | 187 | 28 | 49 | 0,26 | Кованный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 950 | 132 | 139 | 46 | 70 | 0,50 | |
| | 1000 | 98 | 104 | 67 | 90 | 0,87 | |
| | 1100 | 56 | 60 | 84 | 96 | 1,60 | |
| | 1150 | 44 | 51 | 88 | 97 | 1,90 | |
| | 1200 | 30 | 40 | 90 | 96 | 2,40 | |
| ХН35ВТЮ (ЭИ 787) | 700 | 624 | 826 | 26,5 | 40,3 | 0,05 | Кованный и прессованный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 609 | 633 | 7,2 | 12,1 | 0,02 | |
| | 900 | 220 | 220 | 42,5 | 91,8 | 0,42 | |
| | 1000 | 99 | 104 | 81,8 | 100 | 0,96 | |
| | 1100 | 50 | 55 | 80,5 | 100 | 1,82 | |
| | 1200 | 34 | 37 | 26,5 | 39,7 | 1,07 | |
| ХН62МБВЮ (ЭП 709) | 900 | — | 265 | 92 | 85 | 0,32 | — |
| | 1000 | — | 123 | 95 | 85 | 0,69 | |
| | 1050 | — | 93 | 108 | 78 | 0,84 | |
| | 1100 | — | 83 | 108 | 75 | 0,9 | |
| | 1150 | — | 69 | 115 | 75 | 1,09 | |
| | 1200 | — | 42 | 100 | 70 | 1,67 | |
| ХН65ВМТЮ (ЭИ 893) | 700 | 439 | 647 | 50,9 | 56,9 | 0,09 | Кованный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 482 | 658 | 26,2 | 30 | 0,05 | |
| | 900 | 380 | 512 | 27,4 | 54,8 | 0,11 | |
| | 1000 | 225 | 225 | 71,1 | 93,6 | 0,42 | |
| | 1100 | 127 | 127 | 70,3 | 91,2 | 0,72 | |
| | 1200 | 59 | 64 | 77,1 | 86,6 | 1,36 | |
| | 1225 | 47 | 56 | 81,6 | 83,2 | 1,49 | |
| ХН67МВТЮ (ЭП 202, ЭИ 445Р) | 700 | 683 | 882 | 16,4 | 20,0 | 0,02 | Кованный и прессованный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 669 | 770 | 5,9 | 11,6 | 0,02 | |
| | 900 | 528 | 548 | 20,4 | 43,6 | 0,08 | |
| | 1000 | 195 | 197 | 51,5 | 94,1 | 0,48 | |
| | 1100 | 83 | 85 | 76,2 | 93,4 | 1,09 | |
| | 1200 | 46 | 59 | 86,5 | 93,0 | 1,58 | |
| 1250 | 40 | 43 | 84,6 | 94,7 | 2,19 | | |

Продолжение таблицы

| Марка стали, (сплава) | $t_{\text{исп}}$, °С | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | $\frac{K_{\psi}}{\%}$ Н/мм ² | Состояние материала и условия испытания |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|--|---|
| | | | | | | | |
| ХН70ВМЮТ (ЭИ 765) | 700 | 804 | 912 | 11,0 | 17 | 0,02 | Кованный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 800 | 696 | 716 | 25,0 | 60 | 0,08 | |
| | 900 | 265 | 284 | 55,4 | 85 | 0,30 | |
| | 1000 | 167 | 171 | 60,0 | 90 | 0,53 | |
| | 1100 | 64 | 67 | 68,0 | 83 | 1,24 | |
| | 1200 | 42 | 44 | 44,0 | 67 | 1,52 | |
| | 1250 | 33 | 44 | 45,0 | 66 | 1,50 | |
| ХН70ВМТЮ (ЭИ 617) | 900 | — | 551 | 20,4 | 31,8 | 0,06 | Кованный и нормализованный. Образец: $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $V = 1,1$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 1000 | — | 154 | 52,4 | 85,9 | 0,56 | |
| | 1100 | — | 73 | 80,0 | 91,1 | 1,26 | |
| | 1200 | — | 34 | 69,6 | 51,2 | 1,49 | |
| ХН77ТЮР (ЭИ 437Б) | 800 | — | 604 | 23,9 | 22,5 | 0,04 | Кованный и нормализованный. Образец: $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $V = 1,1$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,0007$ с ⁻¹ |
| | 900 | — | 378 | 26,1 | 27,6 | 0,07 | |
| | 1000 | — | 109 | 79,8 | 95,0 | 0,87 | |
| | 1100 | — | 48 | 153,2 | 100 | 2,08 | |
| | 1200 | — | 34 | 134,0 | 100 | 2,91 | |
| | 1250 | — | 16 | 56,1 | 69,1 | 4,40 | |
| ХН78Т (ЭИ 435) | 800 | 314 | 380 | 71,5 | 46,5 | 0,12 | Прокатанный и отожжённый. Образец: $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $V = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹ |
| | 900 | 196 | 216 | 44,5 | 83,5 | 0,39 | |
| | 1000 | 101 | 112 | 64,1 | 93,4 | 0,84 | |
| | 1100 | 76 | 88 | 70,5 | 97,4 | 1,10 | |
| | 1200 | 42 | 54 | 91,7 | 100 | 1,85 | |
| | 1250 | 36 | 39 | 99,7 | 100 | 2,55 | |
| ХН80ТБЮ (ЭИ 607) | 900 | — | 569 | — | 97 | 0,17 | Прессованный, закалённый и состаренный. Образец: $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $V = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹ |
| | 950 | — | 412 | 77 | 96 | 0,23 | |
| | 1000 | — | 294 | 78 | 96 | 0,33 | |
| | 1100 | — | 167 | 84 | 98 | 0,59 | |
| | 1150 | — | 118 | 100 | 100 | 0,85 | |

6. ЖАРОПРОЧНЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ [1]

1. Пределы длительной прочности сталей в деформированном состоянии, Н/мм²

| Марка материала | Время, ч | Пределы длительной прочности $\sigma_{дл., T_3}^t$, Н/мм ² , при температурах испытания, °С | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|--|-----|-----|---------|-----|--------|---------|-----|-----|-----|
| | | 410 | 450 | 475 | 500 | 540 | 550 | 575 | 580 | 600 | 650 |
| 08 | 10 ⁴ | | | | 50 | | | | | | |
| | 10 ⁵ | 102 | 69 | | 30 | | | | | | |
| 10 | 10 ⁴ | | | | 50 | | | | | | |
| | 10 ⁵ | 102 | 69 | | 30 | | | | | | |
| 15 | 10 ⁴ | 116 | 98 | | 51 | | | | | | |
| | 10 ⁵ | 108 | 71 | | 30 | | | | | | |
| 20 | 10 ⁴ | | | | 62 | | | | | | |
| | 10 ⁵ | 129 | 89 | | 39 | | | | | | |
| 20-ПВ | 10 ⁵ | | 88 | | | | | | | | |
| 15К | 10 ⁴ | 116 | 98 | | 51 | | | | | | |
| | 10 ⁵ | 108 | 71 | | 30 | | | | | | |
| 16К | 10 ⁴ | 116 | 98 | | 51 | | | | | | |
| | 10 ⁵ | 108 | 71 | | 30 | | | | | | |
| 18К | 10 ⁴ | | 98 | | 62 | | | | | | |
| | 10 ⁵ | 129 | 89 | | 39 | | | | | | |
| 20К | 10 ⁴ | | 98 | | 62 | | | | | | |
| | 10 ⁵ | 129 | 89 | | 39 | | | | | | |
| 15ГС | 10 ⁵ | 153 | 95 | | | | | | | | |
| 16ГС | 10 ⁵ | 146 | 93 | | | | | | | | |
| 17ГС | 10 ⁵ | 153 | 95 | | | | | | | | |
| 17Г1С | 10 ⁵ | 153 | 95 | | | | | | | | |
| 09Г2С | 10 ⁵ | 146 | 93 | | | | | | | | |
| 10Г2С1 | 10 ⁵ | 153 | 95 | | | | | | | | |
| 12МХ | 10 ⁴ | | | | | | 90 | | | | |
| | 10 ⁵ | | | | 143 | | | | | | |
| 15ХМ | 10 ⁴ | | | | | | 93 | | | | |
| | 10 ⁵ | | | | 158 | | 53 | | | | |
| 20ХМ | 10 ⁴ | | 335 | | 215 | | | | | | |
| | 10 ⁵ | | 294 | | 175 | | 64 | | | | |
| 12Х1МФ (ЭИ 575) | 10 ⁴ | | | | | | 120 | | | 71 | |
| | 10 ⁵ | | | | 170 | | 99 | | | 56 | |
| 12Х1МФ-ПВ | 10 ⁵ | | 288 | | 192 | | | | | 65 | |
| 13Х1МФ (14Х1ГМФ, ЦТ 1) | 10 ⁵ | | | | 176 | | 120 | | | 82 | |
| 15Х1М1Ф | 10 ⁴ | | | | | | 135 | | | 81 | |
| | 10 ⁵ | | | | 180 | | 117 | | | 65 | |
| 25Х1МФ (ЭИ 10) | 10 ⁴ | | | | 255 | | 98–147 | | | | |
| | 10 ⁵ | | | | 167 | | 127 | | | | |
| 25Х1М1Ф (Р2, Р2МА) | 10 ⁴ | | | | 255–305 | | 200 | 137–162 | | | |
| | 10 ⁵ | | | | 215–255 | | 145 | 98–118 | | | |
| 20Х1М1Ф1ТР (ЭП 182) | 10 ⁴ | | 470 | | 382 | 323 | | | | 265 | |
| | 10 ⁵ | | 440 | | 323 | 274 | | | | 196 | |
| 20Х1М1Ф1БР (ЭП 44) | 10 ⁴ | | 480 | | 343 | | 270 | | | 235 | |
| | 10 ⁵ | | 392 | | 294 | | 230 | | | 196 | |

Продолжение таблицы

| Марка материала | Вре- мя, ч | Пределы длительной прочности $\sigma_{дл., Т_3}^t$, Н/мм ² , при температурах испытания, °С | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--|-----|-----|---------|---------|-----|-----|-----|-------------|------------|-----|
| | | 450 | 470 | 500 | 530 | 550 | 560 | 565 | 575 | 600 | 650 | 700 |
| 25Х2М1Ф (ЭИ 723) | 10 ⁴ | | | | | 157–216 | | | | | | |
| | 10 ⁵ | | | | | 137 | | | | | | |
| 12Х2МФСР | 10 ⁴ | | | | | 120 | | | | 71 | | |
| | 10 ⁵ | | | 159 | | 95 | | | | 56 | | |
| 20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579) | 10 ⁴ | 440 | | 365 | | 205–235 | | | | | | |
| | 10 ⁵ | 437 | | 335 | | 175 | | | | | | |
| 15Х5М (12Х5МА, Х5М) | 10 ⁴ | | | 132 | | 78 | | | | 54 | | |
| | 10 ⁵ | | | 105 | | 68 | | | | 28 | | |
| 10Х9МФБ (ДИ 82) | 10 ⁴ | | | | | 150 | | | | 98 | 78 | |
| | 10 ⁵ | | | 191 | | 125 | | | | 78 | 62 | |
| 40Х10С2М (4Х10С2М, ЭИ 107) | 10 ⁴ | | | 216 | | | | | | 127 | | |
| | 10 ⁵ | | | 157 | | | | | | 88 | | |
| 15Х11МФ (1Х11МФ) | 10 ⁴ | | | | 157–206 | | | | | | | |
| | 10 ⁵ | | | | 127–157 | | | | | | | |
| 15Х11МФБ (1Х11МФБ) | 10 ⁵ | | | | | | | | | 75 | | |
| 12Х11В2МФ (типа ЭИ 756) | 10 ⁴ | | | | | 195 | | | | 131 | 68 | |
| | 10 ⁵ | | | | 186 | 161 | | | | 90 | 30 | |
| 18Х12ВМБФР-Ш (ЭИ 993-Ш) | 10 ⁴ | 470 | | 353 | | | | 245 | | | | |
| | 10 ⁵ | 412 | | 304 | | | | 216 | | | | |
| 15Х12ВНМФ (ЭИ 802, ЭИ 952) | 10 ⁴ | 490 | | 382 | | 245 | | 235 | | | | |
| | 10 ⁵ | 479 | | 343 | | 216 | | 186 | | | | |
| 20Х12ВНМФ (ЭП 428) | 10 ⁴ | | | | | 245 | | | 186 | 136 | | |
| | 10 ⁵ | | | | | 216 | | | 155 | 118 | | |
| 10Х12Н3М2ФА(Ш), 10Х12Н3М2ФА- А(Ш) | 10 ⁴ | 540 | | 375 | | | | | | 249 | | |
| | 10 ⁵ | 450 | | 290 | | | | | | 166 | | |
| 08Х13 (0Х13, ЭИ 496) | 10 ⁴ | | | 121 | | 62 | | | | 31 | | |
| | 10 ⁵ | | | | | 45 | | | | | | |
| 12Х13 (1Х13) | КП ¹⁾ 40 | 10 ⁴ | 245 | | 142 | | | | | | | |
| | | 10 ⁵ | 216 | | 118 | | | | | | | |
| | КП ¹⁾ 60 | 10 ⁴ | | 255 | 216 | 186 | | | | | | |
| | | 10 ⁵ | | 186 | | 157 | | | | | | |
| 20Х13 (2Х13) | 10 ⁴ | 289 | 211 | 191 | 105-165 | | | | | | | |
| | 10 ⁵ | 255 | 176 | 157 | | | | | | | | |
| 12Х13Г12АС2Н2 (ДИ 50) | 10 ⁴ | | | | | | | | | 139– 160 | 88– 110 | 75 |
| | 10 ⁵ | | | | | | | | | 110 | 70 | |
| 10Х13Г12С2Н2Д2Б (ДИ 59) | 10 ⁴ | | | | | | | | | 163 | 103 | 66 |
| | 10 ⁵ | | | | | | | | | 131 | 81 | 50 |
| 08Х14МФ | 10 ⁴ | | | 140 | | 85 | | | | 70 | | |
| | 10 ⁵ | | | 120 | | 60 | | | | 50 | | |
| 1Х14Н14В2М (ЭИ 257) | 10 ⁴ | | | | | 211 | | | | 157 | 108 | |
| | 10 ⁵ | | | | | 167 | | | | 118 | 83 | |

Продолжение таблицы

| Марка материала | Время, ч | Пределы длительной прочности $\sigma_{дл., T_3}^t$, Н/мм ² , при температурах испытания, °С | | | | | | | | |
|---|-----------------|--|---------|-----|-----|---------|---------|---------|-------|-----|
| | | 500 | 550 | 560 | 580 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| 45X14H14B2M (ЭИ 69) | 10 ⁴ | | | | 176 | 127 | 23 | | | |
| | 10 ⁵ | | | | 147 | 98 | | | | |
| 09X14H19B2BP (ЭИ 695P) | 10 ⁴ | | | | | | 117 | | | |
| | 10 ⁵ | | | | | 111 | 46 | | | |
| 08X15H24B4TP (ЭП 164) | 10 ⁴ | | | | | 382 | 284 | 176 | 118 | |
| | 10 ⁵ | | | | | 294 | 225 | 137 | 78 | |
| 08X16H9M2 (X16H9M2) | 10 ⁴ | | | | | 141 | 98 | 60 | | |
| | 10 ⁵ | | | | | 111 | 72 | 45 | | |
| 08X16H13M2Б (ЭИ 405, ЭИ 680) | 10 ⁴ | | 255 | | | 196 | 127 | 59–73 | | |
| | 10 ⁵ | | 206 | | | 147 | 93 | 34–59 | | |
| 10X16H14B2BP (1X16H14B2BP, ЭП 17) | 10 ⁴ | | | | | | 117 | | | |
| | 10 ⁵ | | | | | 111 | 46 | | | |
| X16H16MB2BP (ЭП 184) | 10 ⁴ | | | | | | 117 | | | |
| | 10 ⁵ | | | | | 111 | 46 | | | |
| 3X16H22B6Б (ЦЖ 13) | 10 ⁴ | | | | | | 157–176 | 118–127 | 74–88 | |
| 015X18M2Б-ВИ (ЭП 882-ВИ) | 10 ⁴ | 274 | 132 | | | 69 | | | | |
| | 10 ⁵ | 260 | 101 | | | 53 | | | | |
| 12X18H9 (X18H9) | 10 ⁴ | | | 245 | | 98 | | 49 | | 15 |
| | 10 ⁵ | | | 196 | | | | | | |
| 12X18H9T (X18H9T) | 10 ⁴ | 245 | 186–235 | | | 132–167 | 64–103 | 53–71 | | |
| | 10 ⁵ | 196 | 137–196 | | | 98–127 | 44–74 | 34–44 | | |
| 12X18H10T | 10 ⁴ | | 186–235 | | | 132–167 | 64–103 | 53–71 | | |
| | 10 ⁵ | | 137–196 | | | 98–127 | 44–74 | 34–44 | | |
| 12X18H12T (X18H12T) | 10 ⁴ | | | | | 141 | 98 | 60 | | |
| | 10 ⁵ | | | | | 111 | 72 | 45 | | |
| 31X19H9MBBT (ЭИ 572) | 10 ⁴ | | | 294 | | 230–265 | 176–206 | 98 | | |
| | 10 ⁵ | | | 255 | | 196–235 | 147–167 | 59 | | |
| 20X23H13 (X23H13, ЭИ 319) | 10 ⁴ | | 235 | | | 186 | 108 | 59 | | |
| | 10 ⁵ | | 196 | | | 147 | 69 | 35 | | |
| 20X23H18 (X23H18, ЭИ 417) | 10 ⁴ | | | | | 113 | 59 | 21 | | |
| | 10 ⁵ | | | | | 78 | 34 | 12 | | |
| 20X25H20C2 (X25H20C2, ЭИ 283) | 10 ⁵ | | | | | | | | | 20 |

Примечание. КП¹⁾ – категория прочности.

2. Пределы длительной прочности литейных сталей

| Марка материала | Время, ч | Пределы длительной прочности $\sigma_{д.п., T_3}^1$, Н/мм ² , при температурах испытания, °С | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|---|-----|-----|-----|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | | 450 | 480 | 500 | 540 | 550 | 560 | 565 | 570 | 580 | 600 | 650 |
| 20Л | 10 ⁴ | | 71 | 52 | | | | | | | | |
| | 10 ⁵ | 75 | 50 | 33 | | | | | | | | |
| 20ХМЛ | 10 ⁴ | | | 265 | | | 123 | | | | 64 | |
| | 10 ⁵ | | | 177 | | | 88 | | | | 39 | |
| 20ХМФЛ | 10 ⁴ | | 274 | 216 | 157 | | | | | | 64 | |
| | 10 ⁵ | | 234 | 177 | 108 | | | | | | 39 | |
| 15Х1М1ФЛ | 10 ⁴ | | | | | | | | 128– 172 | | 83– 128 | |
| | 10 ⁵ | | | | | | | | 100– 128 | | 64– 98 | |
| 20Х5МЛ | 10 ⁴ | | | 179 | | 91 | | | | | 48 | |
| | 10 ⁵ | | | 127 | | 63 | | | | | 33 | |
| 15Х11МФБЛ (1Х11МФБЛ, Х11ЛА) | 10 ⁴ | | | | | | | 137 | | 147 | 91– 108 | |
| | 10 ⁵ | | | | | | | 118– 127 | | 98– 108 | 69– 83 | |
| 20Х12ВНМФЛ (15Х12ВНМФЛ, Х11ЛБ, ЭИ 802Л) | 10 ⁴ | | | | | | 176– 180 | | | 118– 147 | 108– 127 | |
| | 10 ⁵ | | | | | | 147 | | | 98– 118 | 78 | |
| 30Х16Н22В6БЛ (ЦЖ 13Л) | 10 ⁴ | | | | | | | | | | | 176 |
| | | | | | | | | | | | | 700°С 117 |
| | | | | | | | | | | | | 750°С 77–88 |
| | 10 ⁵ | | | | | | | | | | | 157 |
| | | | | | | | | | | | | 700°С 98 |
| 750°С 64–83 | | | | | | | | | | | | |
| 12Х18Н9ТЛ | 10 ⁴ | | | | | | | | | | 120 | |
| | 10 ⁵ | | | | | 127 | | | | | 94 | |
| 31Х19Н9МВБТЛ (ЭИ 572Л) | 10 ⁴ | | | 333 | | 264 | | | | | 216 | |
| 20Х25Н13АТЛ | 10 ⁴ | | | | | | | | | 137– 147 | 98 | 54 |
| | 10 ⁵ | | | | | | | | | 188 | 73 | 35 |

3. Длительная прочность сплавов

| Марка материала | Время, ч | Пределы длительной прочности $\sigma_{дл.,T}^t$, Н/мм ² , при температурах испытания, °С | | | | | | | | |
|---|-------------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|
| | | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 |
| ХН35ВТ (ЭИ 612) | 10 ⁴ | 382 | 255– 304 | 196 | 137 | | | | | |
| | 10 ⁵ | 314 | 206– 255 | 157 | 98 | 59 | | | | |
| ХН35ВТК (ЭИ 612К) | 10 ⁴ | 392 | 333 | 206– 235 | 157 | | | | | |
| | 10 ⁵ | 333 | 274 | 176– 196 | 137 | | | | | |
| ХН35ВТЮ (ЭИ 787) | 10 ⁴ | 539– 617 | 412– 441 | 216– 255 | 157– 225 | | | | | |
| ХН35ВТР (ЭИ 725) | 10 ⁴ | | | 274 | 147 | 93 | | | | |
| | 10 ⁵ | | | 157 | 108 | 59 | | | | |
| ХН55ВМТКЮ (ЭИ 929), ХН55ВМТКЮ-ВД (ЭИ 929-ВД) | 10 ³ | | | | 650 | 470 | 300 | | | |
| | 10 ⁴ | | | 600 | 500 | 370 | 240 | | | |
| | 3·10 ⁴ | | | 560 | 450 | 330 | 220 | | | |
| ХН60ВТ (ЭИ 868) | 10 ² | | | | | | 108 | | 51 | |
| | 3·10 ³ | | | | | | 87 | | 39 | |
| ХН60КВИОМБ-ВД (ЭП 957-ВД) | 10 ³ | | | | | | 400 | 270 | | |
| ХН65ВМТЮ (ЭИ 893) | 10 ³ | | | | 380 | 280– 320 | 160– 200 | | | |
| | 10 ⁴ | | | | 300 | 210– 220 | 100– 130 | | | |
| | 10 ⁵ | | | | 170 | 100 | | | | |
| ХН65КВИОТБ (ЦЖ 24) | 10 ⁴ | | | 540 | 370 | 230 | 120 | | | |
| | 3·10 ⁴ | | | 480 | 320 | 190 | 95 | | | |
| ХН65КМВИОБ-ВД (ЭП 800-ВД) | 10 ³ | | | | 560 | 470 | 320 | 240 | | |
| | 10 ⁴ | | | | 450 | 320 | 240 | 130 | | |
| | 2·10 ⁴ | | | | 400 | 290 | 210 | | | |
| ХН65КМВИОТБ-ВД (ЭК 78-ВД) | 10 ³ | | | 670 | 520 | 380 | 250 | 160 | | |
| | 10 ⁴ | | | 540 | 400 | 260 | 145 | 75 | | |
| | 2·10 ⁴ | | | 510 | 370 | 220 | 115 | 55 | | |
| | 3·10 ⁴ | | | 480 | 340 | 200 | 95 | 45 | | |
| ХН67МВТЮ (ЭП 202, ЭИ 445Р) | 10 ⁴ | | | | 370– 390 | 280– 300 | 180– 200 | 110– 130 | 65–75 | 33–38 |
| | 10 ⁵ | | | | 300– 320 | 200– 220 | 130– 150 | 70–80 | 40–45 | 19–21 |
| ХН70ВМИОТ (ЭИ 765) | 10 ⁴ | | 560 | 400 | 260 | 180 | 90 | 60 | | |
| | 10 ⁵ | | 500 | 300 | 190 | 130 | 50 | | | |
| | 10 ⁵ | | | 400 | | 180 | 125 | | | |
| ХН70ВМТЮ (ЭИ 617) | 10 ⁴ | | | 550 | | 250 | 175 | | | |
| | 10 ⁵ | | | 400 | | 180 | 125 | | | |
| ХН73МБТЮ (ЭИ 698) | 10 ³ | 870 | | 570 | 400 | 295 | | | | |
| | 10 ⁴ | | | 480 | 290 | 210 | | | | |

Продолжение таблицы

| Марка материала | Время, ч | Пределы длительной прочности $\sigma_{д.п., T_3}^t$, Н/мм ² , при температурах испытания, °С | | | | | | | |
|---|---------------------|---|---------|---------|---------|---------|-----|---------|-----|
| | | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 | 816 | 850 | 900 |
| ХН75ВМЮ (ЭИ 827) | 10 ³ | | | 450–500 | 350 | 220–240 | | 140–170 | |
| | 10 ⁴ | | | 350–400 | 260 | 160–190 | | | |
| ХН77ТЮР (ЭИ 437Б) | 10 ³ | 560 | 470 | 310 | 200–210 | | | | |
| | 10 ⁴ | 450 | 350 | 180–200 | 110–200 | | | | |
| ХН78Т (ЭИ 435) | 10 ² | | | 105 | | 28–45 | | 15–18 | |
| | 10 ³ | | | 60 | | | | | |
| ХН80ТБЮ (ЭИ 607) | 10 ³ | | 450 | 280 | | | | | |
| | 10 ⁴ | | 280 | 170 | | | | | |
| ХН80ТБЮА (ЭИ 607А) | 10 ⁴ | | 240–260 | 180–210 | | | | | |
| | 10 ⁵ | | 200–220 | 150–170 | | | | | |
| | 10 ⁴ | | 675 | 525 | 385 | 260 | | 155 | |
| | 2,5·10 ⁴ | | 630 | 480 | 340 | 220 | | 120 | |
| | 10 ⁴ | | | 470 | 350 | 250 | | 165 | |
| | 3·10 ⁴ | | | 425 | 315 | 210 | | 130 | |
| | 10 ⁴ | | | | 360 | 223 | 201 | | |
| ХН58ВКМТЮБЛ (ЦНК 8МП) (направленная структура) | 10 ³ | | | | 580 | 446 | | 335 | 225 |
| | 10 ⁴ | | | | 452 | 338 | | 225 | |
| | 2,5·10 ⁴ | | | | 412 | 295 | | 180 | |
| | 2,5·10 ⁴ | | | 520 | 380 | 260 | | 150 | |
| ХН60КВМЮТЛ (ЦНК 7П) (равно- осная структура) | 10 ³ | | | 620 | 520 | 390 | | 280 | |
| | 10 ⁴ | | | 540 | 400 | 280 | | 180 | |
| | 2,5·10 ⁴ | | | 490 | 360 | 240 | | 145 | |
| ХН60КВМЮТБЛ (ЦНК 21П) | 10 ³ | | | 490 | 370 | 280 | | 190 | |
| | 10 ⁴ | | | 405 | 290 | 195 | | 120 | |
| | 2,5·10 ⁴ | | | 360 | 250 | 165 | | 100 | |
| ХН64ВМКЮТЛ (ЗМИ 3) | 10 ³ | | 795 | 645 | 500 | 370 | | 250 | |
| | 10 ⁴ | | 675 | 525 | 385 | 260 | | 155 | |
| | 2,5·10 ⁴ | | 630 | 480 | 340 | 220 | | 120 | |
| ХН65ВМТЮЛ (ЭИ 893Л) | 10 ⁴ | | 414 | 300 | 207 | 134 | | 81 | |
| | 10 ⁵ | 470 | 348 | 240 | 155 | 94 | | | |
| ХН65КМВЮТЛ (ЖС 6К) (равно- осная структура) | 10 ³ | | | | | 400 | | 280 | 180 |
| | 10 ⁴ | | | | | 290 | | 190 | 110 |
| | 2·10 ⁴ | | | | | 270 | | 170 | 90 |
| ХН65КМВЮТЛ (ЖС 6К) (направ- ленная структура) | 10 ³ | | | | 598 | 452 | | 328 | 234 |
| | 10 ⁴ | | | | 466 | 329 | | 227 | 155 |
| | 2,5·10 ⁴ | | | | 416 | 286 | | 194 | 131 |
| ХН65ВКМБЮТЛ (ЭП 539ЛМУ) | 10 ³ | | | 600 | 465 | 355 | | 250 | |
| | 10 ⁴ | | | 470 | 350 | 250 | | 165 | |
| | 3·10 ⁴ | | | 425 | 315 | 210 | | 130 | |
| ХН70КВМЮТЛ (ЦНК 17П) | 10 ³ | | | | 430 | 325 | 305 | | |
| | 10 ⁴ | | | | 360 | 223 | 201 | | |

4. Релаксационная стойкость в зависимости от температуры испытания

| Марка материала | Режим термической обработки | | | | $t_{исп}$, °C | Начальное напряжение σ_0 , Н/мм ² | Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² | | |
|------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------|---------------------------|----------------|---|--|-------|-------|
| | Операция | t , °C | Выдержка, ч | Охлаждающая среда | | | 1000 | 10000 | 12000 |
| 12МХ | Нормализация или закалка Отпуск | 910–930 670–720 | | Воздух или вода Воздух | 450 | 200 | 124 | 111 | — |
| | | | | | | 260 | 160 | 130 | — |
| 15ХМ | Нормализация Отпуск | 865–895 600–700 | | Воздух | 450 | 100 | 78 | 42 | — |
| | | | | | | 200 | 135 | 83 | — |
| | | | | | | 260 | 162 | 95 | — |
| 12Х1МФ (ЭИ 575) | Нормализация Отпуск | 960–980 740–760 | | Воздух | 450 | 250 | 170 | (150) | — |
| | | | | | | 300 | 200 | (180) | — |
| | | | | | 500 | 200 | 125 | (100) | — |
| | | | | | | 300 | 180 | (140) | — |
| | | | | | 550 | 150 | 80 | (45) | — |
| | | | | | | 300 | 150 | (87) | — |
| 25Х1МФ (ЭИ 10) | Закалка Отпуск | 880–900 640–660 | | Масло Воздух | 500 | 120 | 80 | 57 | — |
| | | | | | | 250 | 160 | 92 | — |
| | | | | | | 350 | 200 | 150 | — |
| 25Х1М1Ф (Р2, Р2МА) | Нормализация Отпуск | 950–1000 650–670 | | Воздух | 450 | 250 | 170 | 160 | — |
| | | | | | | 350 | 245 | 220 | — |
| | | | | | 500 | 250 | 137 | 70 | — |
| | | | | | | 350 | 186 | 118 | — |
| | | | | | 525 | 250 | — | 100 | — |
| | | | | | | 300 | 195 | 125 | — |
| | | | | | 550 | 350 | 210 | 130 | — |
| | | | | | | 400 | 180 | 90 | — |
| 575 | 350 | — | 35 | — | | | | | |
| 20Х1М1Ф1ТР (ЭП 182) | Закалка Отпуск | 970–990 680–720 | | Масло Воздух | 450 | 250 | 207 | 194 | 194 |
| | | | | | | 350 | 288 | 270 | 269 |
| | | | | | 500 | 250 | 193 | 174 | — |
| | | | | | | 350 | 262 | 242 | 226 |
| | | | | | 565 | 250 | 150 | 111 | 97 |
| | | | | | | 350 | 190 | 145 | — |
| | | | | | 580 | 250 | 140 | 87 | — |
| | | | | | | 350 | 175 | 115 | — |
| 20Х1М1Ф1БР (ЭП 44) | Нормализация Ступенчатый отпуск | 1030–1050 600 700–720 | 3 6 | Воздух Воздух | 565 | 250 | 104 | 83 | 82 |
| | | | | | | 300 | 104 | 86 | 83 |
| | | | | | | 350 | 138 | 112 | 107 |
| | | | | | 580 | 250 | 86 | 76 | 74 |
| | | | | | | 300 | 94 | 83 | 81 |
| | | | | | | 350 | 113 | 95 | 92 |
| | | | | | 600 | 250 | 84 | 76 | 75 |
| | | | | | | 300 | 92 | 84 | 82 |
| 350 | 115 | 95 | 91 | | | | | | |
| 25Х2М1Ф (ЭИ 723) | Нормализация Отпуск | 1030–1060 680–720 | | Воздух | 500 | 350 | — | 170 | — |
| | | | | | 525 | 350 | 210 | 130 | — |
| | | | | | 550 | 400 | 180 | 90 | — |
| | | | | | 575 | 350 | — | 35 | — |

Продолжение таблицы

| Марка материала | Режим термической обработки | | | | $t_{исп}, ^\circ\text{C}$ | Начальное напряжение $\sigma_0, \text{Н/мм}^2$ | Остаточное напряжение $\sigma_r, \text{Н/мм}^2$ | | |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------|-------------------|---------------------------|--|---|---------|-------|
| | Операция | $t, ^\circ\text{C}$ | Выдержка, ч | Охлаждающая среда | | | 1000 | 10000 | 12000 |
| 20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579) | Закалка Отпуск | 1030–1060 660–700 | | Масло Воздух | 450 | 250 | 178 | 157 | — |
| | | | | | | 300 | 217 | 195 | — |
| | | | | | 500 | 250 | 153 | 130 | — |
| | | | | | | 350 | 225 | 184 | — |
| | | | | | | 550 | 250 | 129 | 80 |
| 300 | 151 | 100 | — | | | | | | |
| 18Х12ВМБФР-Ш (ЭИ 993-Ш) | Закалка Отпуск | 1050–1150 650–760 | | Масло Воздух | 565 | 300 | 140 | 110 | — |
| | | | | | | 350 | 160 | (125) | — |
| | | | | | 580 | 300 | 135 | (90) | — |
| | | | | | | 350 | 145 | (100) | — |
| 20Х12ВНМФ (ЭП 428) | Закалка Отпуск | 1010–1060 660–770 | | Масло Воздух | 450 | 250 | 185 | 175 | — |
| | | | | | | 300 | 220 | 205 | — |
| | | | | | | 350 | 254 | 240 | — |
| | | | | | 500 | 250 | — | 113 | — |
| | | | | | | 300 | — | 140 | — |
| | | | | | | 350 | — | 160 | — |
| | | | | | 565 | 350 | 125 | 70 | — |
| | | | | | Старение | 740–760 | 25 | С печью | 650 |
| 09Х14Н19В2БР1 (ЭИ 726) | Аустенитизация Старение | 1140–1160 740–760 | | Вода С печью | 650 | 200 | 112 | (90) | — |
| | | | | | 650 | 150 | 92 | (70) | — |
| 08Х15Н24В4ТР (ЭП 164) | Стабилизация | 750–850 | 16 | Воздух | 550 | 200 | 190 | 150 | — |
| | | | | | | 250 | 230 | 200 | — |
| | | | | | | 300 | 270 | 250 | — |
| | | | | | 600 | 200 | 180 | 170 | — |
| | | | | | | 250 | 220 | 200 | — |
| | | | | | | 300 | 270 | 240 | — |
| | | | | | 650 | 200 | 170 | 130 | — |
| | | | | | | 250 | 210 | 160 | — |
| | | | | | | 300 | 250 | 180 | — |
| | | | | | 700 | 200 | 140 | 85 | — |
| | | | | | | 250 | 160 | 100 | — |
| | | | | | | 300 | 220 | 150 | — |
| ХН35ВТК (ЭИ 612К) | Закалка Отпуск | 1080–1100 700 | 5 | Вода Воздух | 650 | 200 | 130 | 90 | 84 |
| | | | | | | 250 | 150 | 105 | 100 |
| | Двухступенчатое старение | 850 700 | 10 25-50 | Воздух | 680 | 250 | 120 | 65 | — |

Примечание. Данные в скобках получены путём экстраполяции

7. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ СТАЛИ. МАРКИ, СВОЙСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Электротехнические стали (ЭТС) – класс ферромагнитных материалов, применяющихся для изготовления магнитно-активных частей электромашин и приборов, вырабатывающих и преобразующих электрическую энергию: генераторов, трансформаторов, электродвигателей, реле, электромагнитов. По способу изготовления ЭТС делятся на горячекатаные и холоднокатаные. Несмотря на то что химический состав ЭТС обычно не нормируется, они распределяются на группы в зависимости от массовой доли главного легирующего элемента (кремний или кремний совместно с алюминием), как это показано в табл. 1.

Стали могут изготавливаться с незащищённой металлической поверхностью или иметь электроизоляционное покрытие. Термостойкость обозначается в марке буквой Т, улучшение штампуемости – буквой Ш, нетермостойкое покрытие – буквой Н. Если для листовой стали проводился контроль внутренних дефектов, то добавляется буква У.

Обозначение марки стали состоит из четырёх-пяти цифр с возможным добавлением одной-двух букв.

Первая цифра означает класс по структурному состоянию и виду прокатки: 1 – горячекатаная изотропная, 2 – холоднокатаная изотропная, 3 – холоднокатаная анизотропная.

Вторая цифра – группа стали по содержанию кремния (см. табл. 1).

Третья цифра – вид стали по основным нормируемым характеристикам магнитных свойств.

При цифре 0 – это величина удельных магнитных потерь при частоте тока в 50 Гц и индукции 1,7 Тл, а также индукция при напряжённости поля 100 А/м; при цифре 1 – величина удельных магнитных потерь при частоте

тока в 50 Гц и индукции 1 и 1,5 Тл, а также индукция при напряжённости поля 2500 А/м; при цифре 2 – величина удельных магнитных потерь при частоте тока от 200 Гц и индукции 0,75, 1 и 1,5 Тл; при цифре 6 – величина индукции в слабых полях при напряжённости поля 0,4 А/м; при цифре 7 – величина индукции в сильных полях при напряжённости поля 10 А/м; цифра 8 характеризует релейные стали.

Таким образом, первые три цифры определяют тип стали. Для всех сталей, кроме релейных, четвёртая (последняя) цифра означает уровень основных нормируемых характеристик: 1 – нормальный, 2 – повышенный, 3 – высокий, 4 и более – высшие уровни.

Для релейных сталей четвёртая и пятая цифры задают величину их характеристики (значение коэрцитивной силы в А/м).

По сортаменту и видам продукции ЭТС подразделяются следующим образом: для электромашин промышленной частоты тока (трансформаторы, генераторы, электродвигатели) они выпускаются в виде рулонов, листов и резаных лент; для аппаратов, работающих при повышенных частотах тока, – в виде лент; для магнитопроводов машин и приборов, работающих в режиме включения – отключение (реле, пускатели, электромагниты), – в виде листов, рулонов, лент и профилей из релейных сталей.

Ниже (табл. 2–5) приводятся основные показатели магнитных свойств (удельные магнитные потери, индукция и её разброс) ЭТС различных типов. Здесь и далее частота задаётся в герцах, магнитная индукция – в теслах. Таким образом, например, $P_{1,5/50}$ означает величину удельных магнитных потерь в Вт/кг при магнитной индукции, равной 1,5 Тл, и частоте тока 50 Гц.

Для релейных сталей содержание основных элементов обычно не должно превышать: 0,04% углерода; 0,3% кремния; 0,3% марганца.

В настоящий момент производится 20 марок таких сталей, их магнитные свойства должны соответствовать нормам, приведённым в табл. 5.

1. Группы ЭТС

| Номер группы | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|----------------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| Наименование группы | Нелегированная | Низколегированная | Слаболегированная | Среднелегированная | Повышеннолегированная | Высоколегированная |
| Si+Al, % | ≤0,5 | 0,5–0,8 | 0,8–2,1 | 1,8–2,8 | 2,5–3,8 | 3,8–4,8 |
| γ, кг/м ³ | 7820 | 7800 | 7750 | 7700 | 7600 | 7550 |
| ρ, нОм·м | 140 | 170 | 250 | 400 | 500 | 600 |

2. Удельные показатели магнитных свойств анизотропной тонколистовой стали

| Марка стали | Толщина, мм | Вт/кг, не более | | | В, Тл, при H, А/м, не менее | |
|-------------|-------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|------|
| | | R _{1/50} | R _{1,5/50} | R _{1,7/50} | 100 | 2500 |
| 3311 | 0,8 | 4,0 | — | — | — | 1,75 |
| 3311 | 0,7 | 3,8 | — | — | — | 1,75 |
| 3411 | 0,5 | — | 2,45 | — | — | 1,75 |
| 3412 | | — | 2,00 | — | — | 1,80 |
| 3413 | | — | 1,75 | — | — | 1,85 |
| 3414 | | — | 1,50 | — | — | 1,88 |
| 3411 | 0,35 | — | 1,75 | — | — | 1,75 |
| 3412 | | — | 1,50 | — | — | 1,80 |
| 3413 | | — | 1,30 | — | — | 1,85 |
| 3404 | | — | — | 1,60 | 1,60 | — |
| 3405 | | — | — | 1,50 | 1,61 | — |
| 3406 | | — | — | 1,43 | 1,62 | — |
| 3407 | | — | — | 1,36 | 1,72 | — |
| 3408 | | — | — | 1,30 | 1,74 | — |
| 3409 | | — | — | 1,24 | 1,74 | — |
| 3412 | 0,3 | — | 1,30 | — | — | 1,80 |
| 3413 | | — | 1,19 | — | — | 1,85 |
| 3404 | | — | — | 1,50 | 1,60 | — |
| 3405 | | — | — | 1,40 | 1,61 | — |
| 3406 | | — | — | 1,33 | 1,62 | — |
| 3407 | | — | — | 1,26 | 1,72 | — |
| 3408 | | — | — | 1,20 | 1,74 | — |
| 3409 | — | — | 1,14 | 1,74 | — | |
| 3413 | 0,27 | — | 1,15 | — | — | 1,85 |
| 3405 | | — | — | 1,38 | 1,61 | — |
| 3406 | | — | — | 1,27 | 1,62 | — |
| 3407 | | — | — | 1,20 | 1,72 | — |
| 3408 | | — | — | 1,14 | 1,74 | — |
| 3409 | — | — | 1,08 | 1,74 | — | |

3. Магнитные свойства изотропной тонколистовой стали

| Марка стали | Толщина, мм | R _{1,5/50} , Вт/кг, не более | B ₂₅₀₀ , Тл, не менее | ΔB ₂₅₀₀ , Тл, не более |
|-------------|-------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 2421 | 0,27 | R _{1/400} ≤ 19,5 | 1,47 | 0,16 |
| 2431 | 0,35 | 2,5 | 1,50 | 0,16 |
| 2412 | | 2,7 | 1,50 | |
| 2411 | | 3,0 | 1,50 | |
| 2414 | 0,5 | 2,7 | 1,49 | 0,16 |
| 2413 | | 2,9 | 1,50 | |
| 2412 | | 3,1 | 1,50 | |
| 2411 | | 3,6 | 1,49 | |
| 2312 | | 3,8 | 1,58 | |
| 2216 | | 4,0 | 1,60 | 0,13 |
| 2215 | | 4,5 | 1,64 | |
| 2214 | | 4,8 | 1,62 | |
| 2213 | | 5,0 | 1,65 | |
| 2212 | | 5,0 | 1,60 | |
| 2211 | | 5,5 | 1,56 | |
| 2112 | | 6,0 | 1,62 | |
| 2111 | | 7,0 | 1,60 | |
| 2013 | | 6,5 | 1,65 | |
| 2012 | | 7,0 | 1,62 | |
| 2011 | 8,0 | 1,60 | | |

4. Магнитные свойства тончайшей ленты из анизотропной ЭТС

| Марка стали | Толщина, мм | $P_{1,5/400}$ | $P_{1/1000}$ | H_c , А/м, не более | B , Тл, при H , А/м, не менее | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|--------------|-----------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|
| | | Вт/кг, не более | | | 40 | 80 | 200 | 400 | 1000 | 2500 |
| 3421 | 0,15 | 23 | — | 0,34 | 0,50 | 0,80 | 1,10 | 1,30 | 1,45 | 1,70 |
| | 0,08 | 22 | — | 0,36 | 0,40 | 0,75 | 1,10 | 1,25 | 1,45 | 1,70 |
| | 0,05 | — | 24 | 0,40 | 0,40 | 0,75 | 1,10 | 1,25 | 1,45 | 1,70 |
| 3422 | 0,15 | 20 | — | 0,32 | 0,60 | 0,95 | 1,25 | 1,40 | 1,55 | 1,75 |
| | 0,08 | 19 | — | 0,32 | 0,55 | 0,90 | 1,25 | 1,35 | 1,55 | 1,75 |
| | 0,05 | — | 24 | — | 0,55 | 0,90 | 1,25 | 1,35 | 1,55 | 1,75 |
| 3423 | 0,15 | 19 | — | 0,26 | 0,80 | 1,10 | 1,40 | 1,55 | 1,65 | 1,82 |
| | 0,08 | 17 | — | 0,28 | 0,80 | 1,05 | 1,40 | 1,50 | 1,65 | 1,82 |
| | 0,05 | — | 22 | — | 0,80 | 1,05 | 1,40 | 1,50 | 1,65 | 1,82 |
| 3424 | 0,15 | 18 | — | — | 0,80 | 1,10 | 1,40 | 1,55 | 1,65 | 1,82 |
| | 0,08 | 16 | — | — | 0,80 | 1,10 | 1,40 | 1,55 | 1,65 | 1,82 |
| | 0,05 | — | 22 | — | 0,80 | 1,10 | 1,40 | 1,55 | 1,65 | 1,82 |
| 3425 | 0,15 | 17 | — | — | 1,10 | 1,35 | 1,50 | 1,65 | 1,75 | 1,82 |
| | 0,08 | 15 | — | — | 1,05 | 1,30 | 1,50 | 1,65 | 1,75 | 1,82 |
| | 0,05 | — | 20 | — | 1,05 | 1,30 | 1,50 | 1,65 | 1,75 | 1,82 |

5. Значения магнитной индукции и проницаемости для релейных сталей

| Марка стали | Толщина листа, мм | Коэрцитивная сила, H_c , А/м, не более | Максимальная магнитная проницаемость, μ , мГн/м | Магнитная индукция, B , Тл, при напряженности магнитного поля, H , А/м | | | | | |
|----------------------------------|-------------------|--|---|--|------|------|------|-------|-------|
| | | | | 500 | 1000 | 2500 | 5000 | 10000 | 30000 |
| 10895 20895 11895 21895 | 0,1–3,9 | 95,0 | 3,8 | 1,38 | 1,50 | 1,62 | 1,71 | 1,81 | 2,05 |
| 10880 20880 11880 21880 | 0,1–3,9 | 80,0 | 5,0 | | | | | | |
| 10860 20860 11860 21860 | 0,1–3,9 | 60,0 | 5,6 | | | | | | |
| 10848 20848 11848 21848 | 0,7–3,9 | 48,0 | 6,0 | | | | | | |
| 10832 20832 11832 21832 | 0,7–3,9 | 32,0 | 6,3 | | | | | | |

Механические свойства ЭТС существенно влияют на их способность к обработке (штамповке, отборочке, прокатке) и на себестоимость изделия.

Должен быть обеспечен определённый запас пластичности, чтобы предотвратить поломку пластин и лент магнитопроводов при вырезке,

сборке и навивке. В табл. 6 и 7 приведены сведения о механических характеристиках и необходимом

числе перегибов для листов и лент основных ЭТС.

6. Механические свойства¹ тонколистовых изотропных и анизотропных ЭТС

| Марки | σ_B , Н/мм ² | δ , % | HV ² |
|---------------------------|--------------------------------|--------------|-----------------|
| <i>Изотропные стали</i> | | | |
| 2011–2013 | 290–490 | 15–35 | 120–160 |
| 2111, 2112 | 300–450 | 20–35 | 110–145 |
| 2211–2216 | 300–450 | 20–35 | 120–145 |
| 2312 | 330–470 | 20–35 | 120–160 |
| 2411–2414 | 370–600 | 15–30 | 140–210 |
| <i>Анизотропные стали</i> | | | |
| 3311 | 280–335 | 10–16 | 140–160 |
| | 335–380 | 35–50 | |
| 3411–3414 | 295–345 | 9–15 | 145–170 |
| | 345–390 | 30–50 | |
| 3404–3406 | 295–345 | 9–15 | 145–175 |
| | 345–390 | 30–50 | |
| 3407–3409 | 290–340 | 10–14 | 145–175 |
| | 360–395 | 40–50 | |

¹ В числителе – вдоль прокатки, в знаменателе – поперёк прокатки.

² При нагрузке 50 Н.

7. Число перегибов (не менее)¹ тонких листов и лент из ЭТС

| Анизотропные стали | | Изотропные стали | | | | Анизотропная тончайшая лента ² | |
|--------------------|-----------------|------------------|---------------------------------|------|-------|---|-----------------|
| Толщина, мм | Число перегибов | Марки стали | Число перегибов при толщине, мм | | | Толщина, мм | Число перегибов |
| | | | 0,27 | 0,35 | 0,50 | | |
| 0,27 | 4(1) | 2111, 2112 | — | — | 10(3) | 0,05 | 5(2) |
| 0,30 | 4(1) | 2211, 2212 | — | — | 10(2) | 0,08 | 5(2) |
| 0,35 | 3(1) | 2311, 2312 | — | — | 7(2) | 0,15 | 5(2) |
| 0,50 | 2(1) | 2411–2413 | — | 3(2) | 3(1) | — | — |
| 0,80 | (1) | 2421 | 3(1) | — | — | — | — |

¹ В скобках – минимальное число для каждого образца.

² Из ЭТС марок 3421–3425.

Примечание. Число перегибов – среднее арифметическое на основе испытаний четырёх образцов.

Отметим, что для каждой группы анизотропных сталей требуемое число перегибов зависит лишь от толщины листа.

Что касается релейных сталей, то они должны иметь при испытаниях на растяжение $\sigma_B \geq 270$ Н/мм², $\delta \geq 24\%$, $\psi \geq 60\%$, а твёрдость HV ≤ 131 .

8. Зарубежные ЭТС, близкие к отечественным

| Марка | Страна | НД |
|--|-----------------------------------|----------------------------|
| 2011 | Россия | ГОСТ |
| M 890-50 D Fe V 890-50 HD 50 A 800 | Германия Франция Япония | DIN; EN AFNOR NF JIS |
| 2012 | Россия | ГОСТ |
| M 660-50 D Fe V 660-50 HD | Германия Франция | DIN; EN AFNOR NF |
| 2013 | Россия | ГОСТ |
| S2 | США | ASTM |
| 2111 | Россия | ГОСТ |
| M 700-50 A 47 F 450 50 A 700 | Германия США Япония | DIN; EN ASTM JIS |
| 2112 | Россия | ГОСТ |
| M 600-50 A Fe V 600-50 HA | Германия Франция | DIN; EN AFNOR NF |
| 2215 | Россия | ГОСТ |
| M 470-50 A Fe V 470-50 HA | Германия Франция | DIN AFNOR NF |
| 2216 | Россия | ГОСТ |
| 400 M 400-50 A 47 F 230 | Великобритания Германия США | B.S. DIN ASTM |
| 2411 | Россия | ГОСТ |
| 300; 355 M 350-50 A 47 F 205 | Великобритания Германия США | B.S. DIN; EN ASTM |
| 2412 | Россия | ГОСТ |
| 280 M 310-50 A 47 F 174 | Великобритания Германия США | B.S. DIN; EN ASTM |
| 2413 | Россия | ГОСТ |
| M 290-50 A 47 F 168 | Германия США | DIN; EN ASTM |
| 3404 | Россия | ГОСТ |
| Fe M 150-30 N M 111-35 N | Франция Евронормы | AFNOR NF EN |
| 3405 | Россия | ГОСТ |
| M 140-30 S 30 G 140 | Германия Япония | DIN; EN JIS |
| 3406 | Россия | ГОСТ |
| 27 H 076 | США | ASTM |

8. СТРОИТЕЛЬНЫЕ СТАЛИ. МАРКИ И СВОЙСТВА

Строительные стали (СТС) применяются при создании различного вида конструкций, используемых в строительных сооружениях, магистральных трубопроводах, подъемных кранах, мостах, вагонах, резервуарах.

Учитывая условия эксплуатации, материалы должны выдерживать статические и динамические нагрузки при различных температурах, сопротивляться образованию трещин, сохранять структуру и механические свойства, иметь высокие прочность, свариваемость, сопротивление вязкому разрушению.

Класс СТС весьма широк. По применению к ним можно отнести многие стали, рассмотренные выше (Ст3, Ст5, 20, 09Г2С, 18Г2С и другие), большой набор аналогичных материалов, не вошедших в Марочник, а также сталей с особыми свойствами, но в данном разделе описываются наиболее типичные представители этого класса.

Стандартные марки имеют следующие обозначения: впереди буква С (строительная сталь), затем три цифры – предел текучести материала, Н/мм², далее могут быть буквы и цифры, означающие вариант химического состава, указание на специальную термообработку или повышенную коррозионную стойкость.

Наиболее действенным средством снижения металлоёмкости и стоимости конструкций является повышение прочности сталей. Размеры поперечных сечений многих элементов металлоконструкций, а следовательно, и их масса существенно зависят от предела текучести и временного сопротивления (предела прочности) материалов.

Поэтому в СНГ установлены 7 основных типов прочности, которым соответствуют пределы текучести: не менее 225, 285, 325, 390, 440, 590 и 735 Н/мм². Стали первого типа условно принято называть сталями нормальной прочности, трёх следующих – повышенной прочности, а трёх остальных – высокой прочности.

СТС, свойства которых описаны далее, входят во все три раздела: С235, С245, С255, С275 относятся к первому типу прочности; С285, С345, С345Т, С345К, С375, С375Т, С390, С390Т, С390К – ко второму; С440, С590, С590К – к третьему.

Рекомендуемый химический состав марок приведён в табл. 1.

Как следует из табл. 1, для СТС в качестве легирующих используются вещества, упрочняющие материал, такие как кремний, марганец, хром, медь, и в меньшей степени элементы, образующие специальные карбиды и нитриды. При этом пределы текучести и временное сопротивление большинства СТС находятся на среднем уровне, более высокое легирование сдерживается ухудшением свариваемости, снижением сопротивления хрупкому разрушению и, главное, удорожанием материалов.

Основные механические характеристики проката из СТС приведены в табл. 2 и 3.

СТС являются весьма распространенными материалами, производимыми в различных промышленных странах, при этом марки имеют зарубежные аналоги как по химическому составу, так и по свойствам, а основным критерием, характеризующим марку, является величина либо предела текучести (как в СНГ, США, Бельгии), либо предела прочности (как в Евронормах и большинстве европейских стран). Эти значения признаны определяющими расчетными и эксплуатационными показателями сталей при производстве строительных конструкций.

В табл. 4 дается перечень иностранных марок материалов, близких по химическому составу к отечественным СТС.

Для сталей с гарантированными механическими свойствами по толщине (с повышенной сопротивляемостью слоистому разрушению) в качестве критерия выбирается величина относительного сужения ψ . Чтобы обеспечить требуемые значения ψ (не менее 15–30%), материалы подвергаются внепечному рафинированию и модифицированию (направленному воздействию на состав, форму и распределение неметаллических включений). В таких сталях содержание серы снижается до 0,005–0,010%.

Хладостойкие стали для конструкций, эксплуатирующихся при низких температурах (в основном, для изотермических резервуаров, позволяющих хранить и транспортировать сжиженные газы), имеют повышенное содержание никеля 6 и 9% при углероде не более 0,1%. Оптимальные свойства материалов достигаются после термической обработки, включающей закалку или двойную нормализацию и отпуск. В этом случае обеспечиваются необходимые механические свойства: $\sigma_b \geq 630$ Н/мм², $\sigma_{0,2} \geq 470$ Н/мм², $\delta \geq 15$ –20%.

1. Химический состав строительных сталей

| Марка стали | Массовая доля элементов, в % | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| | C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | V | другие |
| C235 | ≤0,22 | ≤0,05 | ≤0,60 | ≤0,050 | ≤0,040 | ≤0,30 | ≤0,30 | ≤0,30 | — | — |
| C245 C275 C345 T C375 T | ≤0,22 | 0,05–0,15 | ≤0,65 | ≤0,050 | ≤0,040 | ≤0,30 | ≤0,30 | ≤0,30 | — | — |
| C255 C285 C345T C375T | ≤0,22 ≤0,22 ≤0,20 | 0,15–0,30 0,05–0,15 0,15–0,30 | ≤0,65 0,80–1,10 0,80–1,10 | ≤0,050 | ≤0,040 | ≤0,30 | ≤0,30 | ≤0,30 | — | — |
| C345 C375 C390T | ≤0,15 | ≤0,80 | 1,30–1,70 | ≤0,040 | ≤0,035 | ≤0,30 | ≤0,30 | ≤0,30 | — | — |
| C345K | ≤0,12 | 0,17–0,37 | 0,30–0,60 | ≤0,040 | 0,070–0,120 | 0,50–0,80 | 0,30–0,60 | 0,30–0,50 | — | Al 0,08–0,15 |
| C390 | ≤0,18 | ≤0,60 | 1,20–1,60 | ≤0,040 | ≤0,035 | ≤0,40 | ≤0,30 | ≤0,30 | 0,07–0,12 | N 0,015–0,025 |
| C390K | ≤0,18 | ≤0,17 | 1,20–1,60 | ≤0,040 | ≤0,035 | ≤0,30 | ≤0,30 | 0,20–0,40 | 0,08–0,15 | N 0,015–0,025 |
| C440 | ≤0,20 | ≤0,60 | 1,30–1,70 | ≤0,040 | ≤0,035 | ≤0,30 | ≤0,30 | ≤0,30 | 0,08–0,14 | N 0,015–0,025 |
| C590 | ≤0,15 | 0,40–0,70 | 1,30–1,70 | ≤0,035 | ≤0,035 | ≤0,30 | ≤0,30 | ≤0,30 | 0,07–0,15 | Mo 0,15–0,25 |
| C590K | ≤0,14 | 0,20–0,50 | 0,90–1,40 | ≤0,035 | ≤0,035 | 0,20–0,50 | 1,40–1,75 | ≤0,30 | 0,05–0,10 | Mo 0,15–0,25 N 0,02–0,03 Al 0,05–0,10 |

Примечания:

1. Буква Т означает, что сталь термоупрочненная.
2. Один из трех вариантов химического состава сталей C255 и C385 (строка 3 таблицы) выбирает производитель. При этом прокат, имеющий 0,15–0,30% Si и 0,8–1,1% Mn (третий вариант), для стали C255 изготавливают толщиной не менее 30 мм, а для стали C285 – не менее 16 мм.
3. Массовая доля меди в сталях C345, C375, C390 и C440 может быть установлена в пределах 0,15–0,30%, тогда в обозначении стали добавляется буква Д, например C345Д.
4. В сталях C245, C255, C275 и C285 допускается увеличение марганца до 0,85%.
5. В стали C345К допускается по согласованию с потребителем снижение доли никеля до 0,3%.
6. В стали C590К возможна замена части никеля кобальтом.
7. Допускается изготавливать прокат стали 390Т с химическим составом сталей C345 и C375.
8. Допускается изготавливать листовой прокат толщиной до 12 мм сталей C345Т и C375Т с химическим составом сталей C245 и C255.
9. Там, где азот не указан, его содержание должно быть не более 0,008% (при выплавке в электропечах не более 0,012%).
10. Массовая доля мышьяка во всех сталях – не более 0,08%.

2. Механические свойства фасонного проката

| Марка стали | Толщина проката, мм | σ_r , Н/мм ² | $\sigma_{в}$, Н/мм ² | δ , % | КСУ, Дж/см ² | | | |
|-------------|---------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------|-------------------------|------|------|----------------|
| | | | | | При температуре, °С | | | После старения |
| | | | | | - 20 | - 40 | - 70 | |
| | | | | | не менее | | | |
| С235 | 4-20 | 235 | 360 | 26 | — | — | — | — |
| | 21-40 | 225 | 360 | 25 | — | — | — | — |
| С245 | 4-20 | 245 | 370 | 25 | | | | 29 |
| | 21-25 | 235 | 370 | 24 | — | — | — | 29 |
| | 26-30 | 235 | 370 | 24 | | | | — |
| С255 | 4-10 | 255 | 380 | 25 | 29 | | | 29 |
| | 11-20 | 245 | 370 | 25 | 29 | — | — | 29 |
| | 21-40 | 235 | 370 | 24 | 29 | | | 29 |
| С275 | 4-10 | 275 | 390 | 24 | — | — | — | 29 |
| | 11-20 | 275 | 380 | 23 | — | — | — | 29 |
| С285 | 4-10 | 285 | 400 | 24 | 29 | — | — | 29 |
| | 11-20 | 275 | 390 | 23 | 29 | | | 29 |
| С345 | 4-10 | 345 | 490 | 21 | | 39 | 34 | 29 |
| | 11-20 | 325 | 470 | 21 | — | 34 | 29 | 29 |
| | 21-40 | 305 | 460 | 21 | | 34 | — | 29 |
| С345К | 4-10 | 345 | 470 | 20 | — | 39 | — | — |
| С375 | 4-10 | 375 | 510 | 20 | | 39 | 34 | 29 |
| | 11-20 | 355 | 490 | 20 | — | 34 | 29 | 29 |
| | 21-40 | 335 | 480 | 20 | | 34 | — | 29 |

Примечание. Для сталей С245, С255, С275 и С285 у профиля толщиной 5 мм норма ударной вязкости 49 Дж/см².

3. Механические свойства листового и широкополосного универсального проката

| Марка стали | Толщина проката, мм | σ_{τ} , Н/мм ² | $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ² | δ , % | КСУ, Дж/см ² | | | После старения |
|-----------------|---------------------|-------------------------------------|---|--------------|-------------------------|------|------|----------------|
| | | | | | При температуре, °С | | | |
| | | | | | - 20 | - 40 | - 70 | |
| не менее | | | | | | | | |
| С235 | 2–3,9 | 235 | 360 | 20 | — | — | — | — |
| | 4–20 | 235 | 360 | 26 | — | — | — | — |
| | 21–40 | 225 | 360 | 26 | — | — | — | — |
| | 41–100 | 215 | 360 | 24 | — | — | — | — |
| | Свыше 100 | 195 | 360 | 24 | — | — | — | — |
| С245 | 2–3,9 | 245 | 370 | 20 | — | — | — | 29 |
| | 4–10 | 245 | 370 | 25 | — | — | — | 29 |
| | 1–20 | 245 | 370 | 25 | — | — | — | 29 |
| С255 | 2–3,9 | 255 | 380 | 20 | — | — | — | — |
| | 4–10 | 245 | 380 | 25 | 29 | — | — | 29 |
| | 11–20 | 245 | 370 | 25 | 29 | — | — | 29 |
| | 21–40 | 235 | 370 | 25 | 29 | — | — | 29 |
| С275 | 2–3,9 | 275 | 380 | 18 | — | — | — | — |
| | 4–10 | 275 | 380 | 24 | — | — | — | 29 |
| | 11–20 | 265 | 370 | 23 | — | — | — | 29 |
| С285 | 2–3,9 | 285 | 390 | 17 | — | — | — | — |
| | 4–10 | 275 | 390 | 24 | 29 | — | — | 29 |
| | 11–20 | 265 | 380 | 23 | 29 | — | — | 29 |
| С345 | 2–3,9 | 345 | 490 | 15 | — | — | — | — |
| | 4–10 | 345 | 490 | 21 | — | 39 | 34 | 29 |
| | 11–20 | 325 | 470 | 21 | — | 34 | 29 | 29 |
| | 21–40 | 305 | 460 | 21 | — | 34 | 29 | 29 |
| | 41–60 | 285 | 450 | 21 | — | 34 | 29 | 29 |
| | 61–80 | 275 | 440 | 21 | — | 34 | 29 | 29 |
| | 81–160 | 265 | 430 | 21 | — | 34 | 29 | 29 |
| С345К | 4–10 | 345 | 470 | 20 | — | 39 | — | — |
| С375 | 2–3,9 | 375 | 510 | 14 | — | — | — | — |
| | 4–10 | 375 | 510 | 20 | — | 39 | 34 | 29 |
| | 11–20 | 355 | 490 | 20 | — | 34 | 29 | 29 |
| | 21–40 | 335 | 480 | 20 | — | 34 | 29 | 29 |
| С390 | 4–50 | 390 | 540 | 20 | — | — | 29 | — |
| С390К | 4–50 | 390 | 540 | 19 | — | — | 29 | — |
| С440 | 4–30 | 440 | 590 | 20 | — | — | 29 | — |
| | 31–50 | 410 | 570 | 20 | — | — | 29 | — |
| С590 | 10–36 | 590 | 685 | 14 | — | 34 | — | — |
| С590К | 10–40 | 590 | 685 | 14 | — | — | 29 | — |

Примечания.

1. Для сталей С245, С255, С275, С285 у профиля толщиной 5 мм норма ударной вязкости 39 Дж/см².
2. Для сталей С390, С390К, С440 у профиля толщиной 5 мм норма ударной вязкости 34 Дж/см².
3. Для стали С590 допускается снижение σ_{τ} и $\sigma_{\text{в}}$ на 50 Н/мм², а δ – на 2% (в абсолютных единицах).
4. Нормы ударной вязкости приведены для проката толщиной 5 мм и более.

4. Зарубежные СТС, близкие к отечественным

| Марка | Страна | НД |
|---|---|--|
| C235 | Россия | ГОСТ |
| USt 37-2 S 235 JRG1 | Германия Евронормы | DIN EN |
| C245 | Россия | ГОСТ |
| RSt 37-2 S 235 JRG2 | Германия Евронормы | DIN EN |
| C255 | Россия | ГОСТ |
| St 37-3U 36 S 235 J0 | Германия США Евронормы | DIN ASTM EN |
| C275 | Россия | ГОСТ |
| St 44-2 S 275 JR | Германия Евронормы | DIN EN |
| C285 | Россия | ГОСТ |
| St 44-3U Grade 70 S 275 J0 | Германия США Евронормы | DIN ASTM EN |
| C345 | Россия | ГОСТ |
| St 52-3N S 355 J2G3 | Германия Евронормы | DIN EN |
| C345K WR 50 A SPA-H | Россия Великобритания Япония | ГОСТ B.S. JIS |
| C375 | Россия | ГОСТ |
| TStE 380 SLA 325 | Германия Япония | DIN JIS |
| C390, C440 | Россия | ГОСТ |
| 55C, 55EE TStE 420 TStE 460 Grade B Grade D Grade 65 | Великобритания Германия Германия США США США | B.S. DIN DIN ASTM ASTM ASTM |
| C590K | Россия | ГОСТ |
| Grade 100 W Type H Grade F SHY 685 N | США США Япония | ASTM ASTM JIS |

9. ТРАНСПОРТНЫЕ СТАЛИ. МАРКИ И СВОЙСТВА

Транспортные стали (ТРС) – класс конструкционных нелегированных или низколегированных материалов с содержанием углерода не более 1%, а серы и фосфора не более 0,07%. Они могут иметь несколько легирующих элементов (ванадий, марганец, хром) с массовой долей не более 1,5%.

В зависимости от назначения ТРС делятся на рельсовые, колёсные, бандажные, осевые и др.

Стали для рельсов. Рельсы подразделяются на 4 основные типа: Р50, Р65, Р65К (аналогично Р65, но для наружных нитей кривых участков пути) и Р75 (Существуют также в ограниченном

количестве облегчённые рельсы типов Р43 и Р38).

Они имеют различные категории качества: В – рельсы термоупрочнённые высшего качества, Т1 – термоупрочнённые первого класса, Т2 – термоупрочнённые второго класса, Н – нетермоупрочнённые.

Бывают рельсы с болтовыми отверстиями на обоих концах, на одном и без отверстий. Их изготавливают либо из слитков, либо из непрерывно-литых заготовок. Для повышения качества рельсов, снижения их флокеночувствительности стали подвергают вакуумированию, контрольному охлаждению или изотермической выдержке. Основные геометрические характеристики рельсов приведены в табл. 1.

1. Основные размеры рельсов

| Наименование | Значение размера для типа рельсов, мм | | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|-----|------|-----|
| | Р50 | Р65 | Р65К | Р75 |
| Высота | 152 | 180 | 181 | 192 |
| Ширина рабочей части (головки) | 72 | 75 | 75 | 75 |
| Ширина основания (подошвы) | 132 | 150 | 150 | 150 |
| Ширина узкой части (шейки) | 16 | 18 | 18 | 20 |

Для производства рельсов рекомендуется применять специальные марки сталей. Обозначение таких марок состоит из двух цифр и нескольких букв. Буква впереди характеризует способ выплавки: М – маргеновская сталь, К – конвертерная, Э – электропечная. Две цифры – среднее содержание в стали углерода в процентах, умноженное на 100. Последующие буквы относятся к легирующим элементам для данной марки.

Перечень марок и их химический состав приведены в табл. 2.

Отметим, что термическое упрочнение является одним из основных способов повышения эксплуатационной стойкости и надёжности рельсов, поэтому механические свойства сталей связаны с качеством обработки сталей (см. табл. 3).

Термоупрочнённые стали должны обеспечивать рельсам необходимую по нормам твёрдость (см. табл. 4).

Для использования высокопрочных рельсов (категория В) на наиболее загруженных участках пути требуется повысить твёрдость сталей до 450–

480 НВ, а σ_v до 1700–1800 Н/мм², это позволит достичь предела контактной выносливости в головке рельса порядка 1600 Н/мм². Марку применяемой стали рекомендуется вставлять в условное обозначение рельса. В обозначении сведения приводятся в следующей последовательности: тип рельса, категория качества, марка стали, длина рельса, число болтовых отверстий, число концов рельса с отверстиями, наименование регламентирующего стандарта (желательно).

Например:

Рельс Р65–Т1–М76Т–25–3/2. Гост Р 51685–2000.

Рельс типа Р65, категория Т1, из стали марки М76Т, длиной 25 м, с тремя отверстиями на обоих концах, в соответствии с российским стандартом 51685–2000.

Рельс Р75–Т2–Э76Ф–12,5–0.

Рельс типа Р75, категория Т2, из стали марки Э76Ф, длиной 12,5 м, без отверстий.

2. Химический состав рельсовых сталей

| Марка стали | Массовая доля элементов, % | | | | | | | | |
|-------------|----------------------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|-------------|---------|
| | C | Si | Mn | S | P | Cr | V | Ti | Al |
| K78ХСФ | 0,74-0,82 | 0,4-0,8 | 0,75-1,05 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,4-0,6 | 0,05-0,15 | — | ≤ 0,005 |
| Э78ХСФ | 0,74-0,82 | 0,4-0,8 | 0,75-1,05 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,4-0,6 | 0,05-0,15 | — | ≤ 0,005 |
| M76Ф | 0,71-0,82 | 0,25-0,45 | 0,75-1,05 | ≤ 0,04 | ≤ 0,035 | ≤ 0,15 | 0,03-0,15 | — | ≤ 0,02 |
| K76Ф | 0,71-0,82 | 0,25-0,45 | 0,75-1,05 | ≤ 0,035 | ≤ 0,03 | ≤ 0,15 | 0,03-0,15 | — | ≤ 0,02 |
| Э76Ф | 0,71-0,82 | 0,25-0,45 | 0,75-1,05 | ≤ 0,03 | ≤ 0,025 | ≤ 0,15 | 0,03-0,15 | — | ≤ 0,02 |
| M76Т | 0,71-0,82 | 0,25-0,45 | 0,75-1,05 | ≤ 0,04 | ≤ 0,035 | ≤ 0,15 | — | 0,007-0,025 | ≤ 0,02 |
| K76Т | 0,71-0,82 | 0,25-0,45 | 0,75-1,05 | ≤ 0,035 | ≤ 0,03 | ≤ 0,15 | — | 0,007-0,025 | ≤ 0,02 |
| Э76Т | 0,71-0,82 | 0,25-0,45 | 0,75-1,05 | ≤ 0,03 | ≤ 0,025 | ≤ 0,15 | — | 0,007-0,025 | ≤ 0,02 |
| M76 | 0,71-0,82 | 0,25-0,45 | 0,75-1,05 | ≤ 0,04 | ≤ 0,035 | ≤ 0,15 | — | — | ≤ 0,025 |
| K76 | 0,71-0,82 | 0,25-0,45 | 0,75-1,05 | ≤ 0,035 | ≤ 0,03 | ≤ 0,15 | — | — | ≤ 0,025 |
| Э76 | 0,71-0,82 | 0,25-0,45 | 0,75-1,05 | ≤ 0,03 | ≤ 0,025 | ≤ 0,15 | — | — | ≤ 0,025 |

Примечания.

1. В рельсах высшего качества (категория В) хром в качестве примеси не допускается.
2. Массовые доли Ni и Cu не должны превышать 0,15% каждая.
3. Суммарная массовая доля примесей по никелю, меди и хрому должна быть не более 0,4%.
4. Для рельсов типа Р65К применяют аналогичные марки с повышенным содержанием углерода 0,83–0,87%. Поэтому в обозначении этих марок цифры 78 и 76 заменяются на 85 (например, К85ХСФ).
5. Коэффициент линейного расширения для всех сталей примерно одинаков и в интервале 20–100°С равен $11,8 \cdot 10^{-6}$ 1/°С.

3. Механические свойства рельсовых сталей

| Категория качества | $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² |
|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|
| В | 850 | 1290 | 12 | 35 | 15 |
| T1 | 800 | 1180 | 8 | 25 | 25 |
| T2 | 750 | 1100 | 6 | 25 | 15 |
| Н | — | 900 | 5 | — | — |

4. Твёрдость сталей

| Место | Твёрдость сталей для категорий, НВ | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|---------|---------|
| | В | T1 | T2 |
| На рабочей поверхности головки рельса | 363–401 | 341–401 | 321–401 |
| Внутри головки | ≥ 341 | 321–341 | 300–321 |
| В шейке и подошве | ≤ 388 | ≤ 388 | ≤ 388 |

Колёсные стали. Согласно отечественным стандартам колёса изготавливаются из сталей двух марок:

1 – для пассажирских вагонов локомотивной тяги, немоторных вагонов электро- и дизель-поездов;

2 – для грузовых вагонов.

Химический состав этих сталей приведён в табл. 5. Механические свойства сталей ободьев колёс, подвергнутых упрочняющей термической обработке, должны соответствовать нормам, указанным в табл. 6.

5. Химический состав колёсных сталей по ГОСТ 10791-89

| Марка стали | Массовая доля элементов, % | | | | | |
|-------------|----------------------------|-----------|---------|--------|---------|-----------|
| | C | Si | Mn | S | P | V |
| 1 | 0,44–0,52 | 0,4–0,6 | 0,8–1,2 | ≤ 0,04 | ≤ 0,035 | 0,08–0,15 |
| 2 | 0,55–0,65 | 0,22–0,45 | 0,5–0,9 | ≤ 0,04 | ≤ 0,035 | — |

Примечание. Содержание Ni, Cr и Cu не более 0,25% каждого.

6. Механические свойства сталей ободьев колёс

| Категория качества | $\sigma_B, \text{Н/мм}^2$ | $\delta, \%$ | $\psi, \%$ | НВ |
|--------------------|---------------------------|--------------|------------|-----|
| 1 | 882–1078 | 12 | 21 | 248 |
| 2 | 911–1107 | 8 | 14 | 255 |

При этом ударная вязкость сталей дисков колёс должна быть достаточно велика, для марки 1 не менее 30 Дж/см², а для марки 2 – 20 Дж/см².

Однако согласно ГОСТ 10791-89 допускается применение в России катаных, кованных или цельнолитых колёс, изготовленных в соответствии с международным стандартом ISO 1005-6-82. Согласно этому стандарту стали бывают двух видов: если они используются для изготовления катаных или кованных колёс, то это марки R1, R2, R3, R6, R7, R8, R9, если же они применяются в

цельнолитых колёсах, это марки RC1, RC2, RC3, RC6, RC7, RC8, RC9 (латинская буква С – сокращение от Cast – литой).

Первые три марки каждой группы применяются либо без термообработки, либо после нормализации с отпуском. Для остальных обязательна поверхностная упрочняющая обработка изделий в состоянии поставки или объёмная закалка с отпуском. Химический состав марок приведён в табл. 7.

7. Химический состав колёсных сталей согласно стандарту ISO

| Марка стали | Массовая доля элементов, % (не более) | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------------------|-----|------|------|------|-----|-----|------|-----|------|
| | C | Si | Mn | S | P | Cr | Cu | Mo | Ni | V |
| R1, RC1 | Не оговорено | 0,5 | 1,2 | 0,04 | 0,04 | 0,3 | 0,3 | 0,08 | 0,3 | 0,05 |
| R2, RC2 | Не оговорено | 0,5 | 1,2 | 0,04 | 0,04 | 0,3 | 0,3 | 0,08 | 0,3 | 0,05 |
| R3, RC3 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,04 | 0,04 | 0,3 | 0,3 | 0,08 | 0,3 | 0,05 |
| R6, RC6 | 0,48 | 0,4 | 0,75 | 0,04 | 0,04 | 0,3 | 0,3 | 0,08 | 0,3 | 0,05 |
| R7, RC7 | 0,52 | 0,4 | 0,8 | 0,04 | 0,04 | 0,3 | 0,3 | 0,08 | 0,3 | 0,05 |
| R8, RC8 | 0,56 | 0,4 | 0,8 | 0,04 | 0,04 | 0,3 | 0,3 | 0,08 | 0,3 | 0,05 |
| R9, RC9 | 0,6 | 0,4 | 0,8 | 0,04 | 0,04 | 0,3 | 0,3 | 0,08 | 0,3 | 0,05 |

Примечание. Суммарное содержание примесей по хрому, никелю и молибдену должно быть не более 0,6%.

Требования к механическим свойствам для первых трёх марок каждой группы слегка отличаются в зависимости от того, нормализована сталь или нет (табл. 8).

Чтобы убедиться, что диск колеса не затронут поверхностной обработкой, исследуются его механические свойства. В этом случае необходимо выполнение следующих условий (табл. 9).

8. Механические свойства сталей ободьев колёс согласно стандарту ISO

| Марка стали | $\sigma_B, \text{Н/мм}^2$ | $\delta, \%$ (не менее) | КСУ, Дж/см ² |
|-------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| R1, RC1 | 600–720 | 12 | Не нормируется |
| R1N, RC1N | 600–720 | 18 | ≥ 30 |
| R2, RC2 | 700–840 | 9 | Не нормируется |
| R2N, RC2N | 700–840 | 14 | ≥ 20 |
| R3, RC3 | 800–940 | 7 | Не нормируется |
| R3N, RC3N | 800–940 | 10 | ≥ 20 |
| R6, RC6 | 770–890 | 15 | ≥ 30 |
| R7, RC7 | 820–940 | 15 | ≥ 30 |
| R8, RC8 | 860–980 | 13 | ≥ 30 |
| R9, RC9 | 900–1050 | 12 | ≥ 20 |

Примечание. N означает проведение нормализации стали.

9. Механические свойства сталей дисков колёс согласно стандарту ISO

| Марка стали | σ_b , Н/мм ² (не более) | δ , % (не менее) |
|-------------|---|-------------------------|
| R6, RC6 | 740 | 16 |
| R6, RC6 | 760 | 16 |
| R6, RC6 | 820 | 16 |
| R6, RC6 | 880 | 14 |

Осевые стали. Колёсная пара, состоящая из оси и двух колёс, является наиболее ответственной частью вагона, так как воспринимает его вес, направляет движение вагона, выдерживает большие и разнообразные по направлению удары от неровностей пути. Для изготовления осей локомотивов, электропоездов, вагонов железных дорог и метрополитена применяется качественная углеродистая сталь ОС. Ввиду особой важности она включена в основное содержание книги, её характеристики приведены на стр. 146.

Стали для бандажей. Бандажи изготавливаются из спокойных углеродистых сталей, выплавленных в мартеновских, электрических печах или конвертерным способом. В отличие от рельсовых сталей это в обозначении сталей никак не

отражается.

В настоящее время существуют две марки ТРС, применяемых для бандажей: 2 – основная, она используется для пассажирских, грузовых и маневровых локомотивов, моторных вагонов, дизельных поездов и вагонов метрополитена и по химсоставу аналогична стали 2 для колёс; 3 – она используется по согласованию с потребителем для грузовых и маневровых локомотивов. Химический состав сталей приведён в табл. 10.

После прокатки и правки бандажи подвергаются термической обработке – закалке отдельным нагревателем с последующим отпуском.

Механические свойства, которые приобретают бандажные стали после такого процесса, даны в табл. 11.

10. Химический состав бандажных сталей

| Марка стали | Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | |
|-------------|----------------------------|-----------|---------|-------|--------|------|-----------|-------|-------|------|
| | C | Si | Mn | S | P | Cr | V | Mo | Ni | Cu |
| 2 | 0,57–0,65 | 0,22–0,45 | 0,6–0,9 | ≤0,04 | ≤0,035 | ≤0,2 | ≤0,15 | ≤0,08 | ≤0,25 | ≤0,3 |
| 3 | 0,60–0,68 | 0,22–0,45 | 0,6–0,9 | ≤0,04 | ≤0,035 | ≤0,2 | 0,06–0,15 | ≤0,08 | ≤0,25 | ≤0,3 |

Примечания.

1. Суммарное содержание серы и фосфора не более 0,06%.
2. У марки 3 суммарное содержание хрома, никеля и меди не менее 0,3%.

11. Механические свойства бандажных сталей после термообработки

| Марка стали | σ_b , Н/мм ² | δ , % | ψ , % | KCU, Дж/см ² | НВ |
|-------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----|
| 2 | 930–1110 | 10 | 14 | 25 | 269 |
| 3 | 1000–1270 | 8 | 12 | 20 | 275 |

Для получения высококачественных бандажей возможно применение особой технологии термического упрочнения сталей, включая их подстуживание после горячего деформирования, нагрев до температуры аустенитизации с последующим контролируемым охлаждением и отпуск. В этом случае удаётся повысить σ_b на 40–120 Н/мм², твёрдость на 30–40 НВ, предел выносливости на 100–140 Н/мм².

Стали для подкладок. Для железобетонных шпал применяют металлические подкладки нормальной и повышенной точности.

Они обеспечивают отдельное скрепление на самом пути и стрелочных переводах. Изготавливаются подкладки из углеродистых сталей обыкновенного качества Ст4 и Ст3 различных видов, у которых выполняются условия: углерод – в пределах 0,18–0,30%, мышьяк не более 0,15%. Допускается использование сталей при C ≥ 0,16%, если при этом C+Mn/4 ≥ 0,28%.

10. ЗАРУБЕЖНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, БЛИЗКИЕ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ К ОТЕЧЕСТВЕННЫМ [1, 68, 114]

| Марка | Страна | НД |
|---|--|--|
| Ст0 | Россия | ГОСТ |
| S 185 (Fe 310-0) S 185 // St 33 Q 195 A 283 (A) A 33 S 185 | Великобритания Германия Китай США Франция Евроноормы | B.S.; EN DIN; EN GB ASTM AFNOR NF EN |
| Ст2сп | Россия | ГОСТ |
| 34/20 HS RSt 34-2 (S 250 G2 T) Q 215 A-Z K 02502 A 34-2 killed (A 34-2 NE) E195 | Великобритания Германия Китай США Франция Евроноормы | B.S. DIN GB UNS AFNOR NF EN |
| Ст3кп | Россия | ГОСТ |
| 40 D St 37-3 Q235B-Z K02701 E 24-4 S235JRG1 | Великобритания Германия Китай США Франция Евроноормы | B.S. DIN GB UNS AFNOR NF EN |
| Ст3пс | Россия | ГОСТ |
| 40 B USt 37-2 Q 235 A-Z K 02502 // A 570 (36) K 02702 // A 284 (D) E 24-2 semi-killed S 235 JRG 1 1312 semi-killed SS 330 (SS 34) S 235 JRG2 S 235 J2G3 | Великобритания Германия Китай США США Франция Франция Швеция Япония Евроноормы Евроноормы | B.S. DIN GB UNS; ASTM UNS; ASTM AFNOR NF AFNOR NF SS JIS EN EN |
| Ст3сп | Россия | ГОСТ |
| 40 B 37/23 HR 4360-40C St 37-2 Q 235 A-Z K 02702 // A 284 (D) A570Gr.36 E 24-2 killed (E 24-2 NE) 1312 SS 330 (SS 34) S 235 JRG2 S 235 J2G3 | Великобритания Великобритания Великобритания Германия Китай США США Франция Швеция Япония Евроноормы Евроноормы | B.S. B.S. B.S. DIN GB UNS; ASTM ASTM AFNOR NF SS JIS EN EN |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|------------------------|----------------|--------------|
| Ст4кп | Россия | ГОСТ |
| 43 С | Великобритания | B.S. |
| St 44-3 | Германия | DIN |
| K 02701 // A 573 (70) | США | UNS; ASTM |
| K 03000 | США | UNS |
| A 572 (42) | США | ASTM |
| E 28-4 | Франция | AFNOR NF |
| SM 400 В | Япония | JIS |
| S 275 JO; S 275 J2G3 | Евронормы | EN |
| Ст4пс | Россия | ГОСТ |
| 43 В | Великобритания | B.S. |
| 43 С | Великобритания | B.S. |
| St 44-2 | Германия | DIN |
| Q255A | Китай | GB |
| G 10200 // (1020) | США | UNS; AISI |
| E 28-2 | Франция | AFNOR NF |
| SM 400 С | Япония | JIS |
| S 275 JR; S 275 J2G3 | Евронормы | EN |
| Ст4сп | Россия | ГОСТ |
| 43 В | Великобритания | B.S. |
| 43 D | Великобритания | B.S. |
| St 52-3 | Германия | DIN |
| Q255A | Китай | GB |
| A 576 | США | ASTM |
| K 12202 | США | UNS |
| E 28-3 | Франция | AFNOR |
| Ст5сп | Россия | ГОСТ |
| 50 В | Великобритания | B.S. |
| St 50-2 G (E 295 + CR) | Германия | DIN |
| K 02305 // A 572 (50) | США | UNS; ASTM |
| E 295 (A 50-2) | Франция | AFNOR NF; EN |
| SS 490 | Япония | JIS |
| E 295 | Евронормы | EN |
| Ст6сп | Россия | ГОСТ |
| 55 С | Великобритания | B.S. |
| St 60-2 G (E 335 + CR) | Германия | DIN |
| A 572 (65) | США | ASTM |
| E 335 (A 60-2) | Франция | AFNOR NF; EN |
| SM 570 | Япония | JIS |
| E 355 | Евронормы | EN |
| 08 | Россия | ГОСТ |
| 040 А 10 | Великобритания | B.S. |
| 045 М 10 | Великобритания | B.S. |
| St 12 | Германия | DIN |
| 1008 | США | ASTM |
| G 10100 (1010) | США | UNS |
| С 10 RR | Франция | AFNOR NF |
| XC 10 | Франция | AFNOR NF |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|--------------------|----------------|----------|
| 08 | Россия | ГОСТ |
| 1146 | Швеция | MNC |
| SWR 1 | Япония | JIS |
| 2 C 10 | Евронормы | EN |
| 08кп | Россия | ГОСТ |
| 1 HR | Великобритания | B.S. |
| 2 HR | Великобритания | B.S. |
| 3 HR | Великобритания | B.S. |
| DD 13 // StW 24 | Германия | DIN; EN |
| DC 04 G1 // USt 4 | Германия | DIN |
| A 622 (1008) | США | ASTM |
| 3 C | Франция | AFNOR NF |
| SPHE | Япония | JIS |
| 10 | Россия | ГОСТ |
| 040 A 10 | Великобритания | B.S. |
| 10 HS | Великобритания | B.S. |
| 10 CS | Великобритания | B.S. |
| C 10 | Германия | DIN |
| Ck 10 (C 10 T) | Германия | DIN |
| 10 | Китай | GB |
| C 1010 | США | AISI |
| M 1012 | США | ASTM |
| XC 10 | Франция | AFNOR NF |
| AF 34 C 10 | Франция | AFNOR NF |
| 1265 killed | Швеция | SS |
| S 10 C | Япония | JIS |
| 2 C 10 | Евронормы | EN |
| 10кп | Россия | ГОСТ |
| 3 HR | Великобритания | B.S. |
| UStW 23 (DD 12 G1) | Германия | DIN |
| 1010 | США | ASTM |
| 2C | Франция | AFNOR NF |
| SPHE | Япония | JIS |
| 15 | Россия | ГОСТ |
| 040 A 15 | Великобритания | B.S. |
| 2 | Великобритания | B.S.; EN |
| C 15 | Германия | DIN |
| M 1015 | США | ASTM |
| XC 18 | Франция | AFNOR NF |
| S 15 C | Япония | JIS |
| 2 C 15 | Евронормы | EN |
| 15кп | Россия | ГОСТ |
| 14 HR | Великобритания | B.S. |
| DD 11 // StW 22 | Германия | DIN; EN |
| 1015 | США | ASTM |
| 1 C | Франция | AFNOR NF |
| SPH 2 A | Япония | JIS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|----------------|----------------|---------------|
| 20 | Россия | ГОСТ |
| 050 A 20 | Великобритания | B.S. |
| C 22 | Великобритания | B.S. |
| St 35 | Германия | DIN |
| C 22 | Германия | DIN; EN |
| 20 | Китай | GB |
| 20G | Китай | GB |
| C 1020 | США | AISI |
| G 10200 (1020) | США | UNS; AISI |
| AF 42 | Франция | AFNOR NF |
| XC 18 | Франция | AFNOR NF |
| STKM 12 A-S | Япония | JIS |
| C 22 | Евроноормы | EN |
| 20кп | Россия | ГОСТ |
| 1020 | США | ASTM |
| 1023 | США | ASTM |
| 25 | Россия | ГОСТ |
| 4 A | Великобритания | B.S.; EN |
| C 25 E | Великобритания | B.S.; EN |
| C 25 | Германия | DIN |
| 25 | Китай | GB |
| M 1025 | США | ASTM |
| XC 25 | Франция | AFNOR NF; EN |
| 1450 | Швеция | SS |
| S 25 C | Япония | JIS |
| C 25 E | Евроноормы | EN |
| 30 | Россия | ГОСТ |
| 5 | Великобритания | EN |
| C 30 | Германия | DIN |
| 1030 (C 1030) | США | ASTM |
| XC 32 | Франция | AFNOR NF |
| S 30 C | Япония | JIS |
| 35 | Россия | ГОСТ |
| 3 | Великобритания | CEW |
| 40 HS | Великобритания | B.S. |
| C 35 | Великобритания | B.S.; EN |
| C 35 (C 35 к) | Германия | DIN; EN |
| 35 | Китай | GB |
| G 10350 (1035) | США | UNS; AISI/SAE |
| C 35 | Франция | AFNOR NF |
| 1572 | Швеция | SS |
| S 35 C | Япония | JIS |
| C 35 | Евроноормы | EN |
| C 36 | Евроноормы | EN |
| 40 | Россия | ГОСТ |
| 080 M 40 | Великобритания | B.S. |
| C 40 E | Великобритания | B.S.; EN |
| C 40 E (Ck 40) | Германия | DIN; EN |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|---------------------------|----------------|--------------|
| 40 | Россия | ГОСТ |
| 40 | Китай | GB |
| ML40 | Китай | GB |
| G 10400 (1040) | США | UNS; AISI |
| 1042 | США | ASTM |
| 1555 | Швеция | SS |
| C 40 E (2 C 40) | Франция | AFNOR NF; EN |
| S 40 C | Япония | JIS |
| C 40 E | Евронормы | EN |
| 45 | Россия | ГОСТ |
| 080 M 46 | Великобритания | B.S. |
| C 45 E | Великобритания | B.S.; EN |
| C 45 | Германия | DIN; EN |
| Cq 45 | Германия | DIN; EN |
| 45 | Китай | GB |
| M 1044 | США | ASTM |
| C 45 (1 C 45; AF 65 C 45) | Франция | AFNOR NF; EN |
| 1672 | Швеция | SS |
| S 45 C | Япония | JIS |
| C 45 | Евронормы | EN |
| C 46 | Евронормы | EN |
| 50 | Россия | ГОСТ |
| 060 A 52 | Великобритания | B.S. |
| 080 M 50 | Великобритания | B.S.; EN |
| C 50 E | Великобритания | B.S.; EN |
| C 50 E // Cк 50 | Германия | DIN; EN |
| 45 | Китай | GB |
| G 10500 (1050) | США | UNS |
| C 50 E (2 C 50) | Франция | AFNOR NF; EN |
| 1674 | Швеция | SS |
| S 50 C | Япония | JIS |
| C 53 | Евронормы | EN |
| C 50 E | Евронормы | EN |
| 55 | Россия | ГОСТ |
| 080 A 52 | Великобритания | B.S. |
| C 55 E | Великобритания | B.S.; EN |
| 1214 | Германия | DIN |
| C 55 | Германия | DIN; EN |
| G 10550 (1055) | США | UNS |
| XC 55 | Франция | AFNOR NF |
| C 55 E (2 C 55) | Франция | AFNOR NF |
| 1655 killed | Швеция | SS |
| S 55 C | Япония | JIS |
| C 55 E | Евронормы | EN |
| C 55 | Евронормы | EN |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|------------------|----------------|----------|
| 60 | Россия | ГОСТ |
| 60 HS | Великобритания | B.S. |
| 60 CS | Великобритания | B.S. |
| Ск 60 N | Германия | DIN |
| С 60 | Германия | DIN; EN |
| С 1060 | США | AISI |
| 1059 | США | ASTM |
| 1655 | Швеция | SIS |
| SWR 7 | Япония | JIS |
| S 60 C-CSP | Япония | JIS |
| 2 CS 60 | Евроноормы | EN |
| С 60 E | Евроноормы | EN |
| 75 | Россия | ГОСТ |
| 070 A 72 | Великобритания | B.S. |
| 80 HS | Великобритания | B.S. |
| С 75 | Германия | DIN |
| С 76 D // D 75-2 | Германия | DIN; EN |
| G 10800 (1080) | США | UNS |
| G 10740 (1074) | США | UNS |
| С 75 | Франция | AFNOR NF |
| 1778 | Швеция | SS |
| 2 CD 75 | Евроноормы | EN |
| С 76 D | Евроноормы | EN |
| 85 | Россия | ГОСТ |
| 80 HS | Великобритания | B.S. |
| С 86 D // D 85-2 | Германия | DIN; EN |
| А 68 | США | ASTM |
| G 10860 (1086) | США | UNS |
| XC 90 | Франция | AFNOR NF |
| SUP 3 | Япония | JIS |
| 2 CD 85 | Евроноормы | EN |
| С 86 D | Евроноормы | EN |
| 15K | Россия | ГОСТ |
| H1 | Германия | DIN |
| H2 | Германия | DIN |
| 16K | Россия | ГОСТ |
| 154-400 | Великобритания | B.S. |
| 161-400 | Великобритания | B.S. |
| P 265 GH // Y II | Германия | DIN; EN |
| К 01701 | США | UNS |
| К 02401 | США | UNS |
| А 42 CP | Франция | AFNOR NF |
| А 42 AP | Франция | AFNOR NF |
| 1430 | Швеция | SS |
| SPV 235 (SPV 24) | Япония | JIS |
| SG 295 (SG 30) | Япония | JIS |
| P 265 GH | Евроноормы | EN |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|------------------|----------------|----------|
| 18К | Россия | ГОСТ |
| 151-430 | Великобритания | B.S. |
| 223-460 | Великобритания | B.S. |
| Н III (P 285 NH) | Германия | DIN |
| К 02704 | США | UNS |
| К 02800 | США | UNS |
| SG 325 (SG 33) | Япония | JIS |
| 20К | Россия | ГОСТ |
| 151-400 | Великобритания | B.S. |
| 164-360 | Великобритания | B.S. |
| Н3 | Германия | DIN |
| Н4 | Германия | DIN |
| К 01701 | США | UNS |
| К 02401 | США | UNS |
| А 42 CP | Франция | AFNOR NF |
| А 42 AP | Франция | AFNOR NF |
| 1430 | Швеция | SS |
| SPV 235 (SPV 24) | Япония | JIS |
| SPV 315 (SPV 32) | Япония | JIS |
| 22К | Россия | ГОСТ |
| К 02700 | США | UNS |
| А516 | США | ASTM |
| А12 | Россия | ГОСТ |
| 10 S 20 | Германия | DIN |
| 15 S 20 | Германия | DIN |
| 1212 | США | ASTM |
| В 1112 | США | ASTM |
| SUM 21 | Япония | JIS |
| А30 | Россия | ГОСТ |
| 35 S 20 | Германия | DIN |
| 1126 | США | SAE |
| 35 MF 4 | Франция | AFNOR NF |
| SUM 4 | Япония | JIS |
| А40Г | Россия | ГОСТ |
| С 1144 | США | AISI |
| SUM 42 | Япония | JIS |
| 15Г | Россия | ГОСТ |
| 2 S 14 | Великобритания | B.S. |
| С 14 // 15 Mn 3 | Германия | DIN |
| 1016 | США | ASTM |
| 2110 | Швеция | SIS |
| 20Г | Россия | ГОСТ |
| 3 | Великобритания | EN |
| 1021 | США | ASTM |
| 1022 | США | ASTM |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|---------------------------|----------------|----------|
| 30Г | Россия | ГОСТ |
| 150 М 19 | Великобритания | B.S. |
| 150 М 28 | Великобритания | B.S. |
| 30 Мн 4 | Германия | DIN |
| 28 Мн 6 | Германия | DIN; EN |
| 1030 | США | ASTM |
| G 10330 | США | UNS |
| 20 М 5 | Франция | AFNOR NF |
| SCMn 1 | Япония | JIS |
| 28 Мн 6 | Евронормы | EN |
| 40Г | Россия | ГОСТ |
| 150 М 36 | Великобритания | B.S. |
| 40 Мн 4 | Германия | DIN |
| G 10350 (1035) | США | UNS |
| 1040 | США | ASTM |
| 45Г | Россия | ГОСТ |
| 1040 | США | ASTM |
| 50Г | Россия | ГОСТ |
| 1050 | США | ASTM |
| STH 67 | Япония | JIS |
| 15ГС | Россия | ГОСТ |
| S 355 J2G3 | Великобритания | B.S. |
| 16ГС | Россия | ГОСТ |
| 17 Мн 4 | Германия | DIN |
| 0844 | Германия | DIN |
| 17ГС | Россия | ГОСТ |
| 50/35 HS | Великобритания | B.S. |
| 50 D | Великобритания | B.S. |
| S 355 J2G3 (Fe 510 D1 FF) | Великобритания | B.S. |
| S 355 J2 G3 // St 52-3 | Германия | DIN |
| 16Mn | Китай | GB |
| A 572 (50) | США | ASTM |
| K 12709 | США | UNS |
| 1024 | США | SAE |
| E 36-3 killed | Франция | AFNOR NF |
| S 355 J2 G3 | Франция | AFNOR NF |
| SM 490 B (SM 50 B) | Япония | JIS |
| STK 500 (STK 51) | Япония | JIS |
| Fe52 C FN | Евронормы | EN |
| Fe52 D FN | Евронормы | EN |
| S 355 J2G3 | Евронормы | EN |
| 17Г1С | Россия | ГОСТ |
| 50/35 HS | Великобритания | B.S. |
| 50 D | Великобритания | B.S. |
| S 355 J2G3 (Fe 510 D1 FF) | Великобритания | B.S. |
| S 355 J2 G3 // St 52-3 | Германия | DIN |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|-----------------------------------|----------------|-----------|
| 17Г1С | Россия | ГОСТ |
| 16Mn | Китай | GB |
| A 572 (50) | США | ASTM |
| K 12709 | США | UNS |
| 1024 | США | SAE |
| E 36-4 semikilled | Франция | AFNOR NF |
| S 355 J2 G3 | Франция | AFNOR NF |
| SM 490 B (SM 50 B) | Япония | JIS |
| STK 500 (STK 51) | Япония | JIS |
| Fe52 C FN | Евроноормы | EN |
| Fe52 D FN | Евроноормы | EN |
| S 355 J2G3 | Евроноормы | EN |
| 20ГС | Россия | ГОСТ |
| BSt 420 S | Германия | DIN |
| 34GS | Польша | PN |
| A 615 | США | ASTM |
| 09Г2 | Россия | ГОСТ |
| 68 F 62 H5 | Великобритания | B.S. |
| 10Г2 | Россия | ГОСТ |
| 201 | Великобритания | B.S. |
| 1513 | США | ASTM |
| 14Г2 | Россия | ГОСТ |
| 440 | Великобритания | B.S. |
| 17 Mn 4 | Германия | DIN |
| K 02704 | США | UNS |
| K 03101 // A 515 (70); A 516 (70) | США | UNS; ASTM |
| A 48 CP | Франция | AFNOR NF |
| SGV 410 | Япония | JIS |
| P 295 GH | Евроноормы | EN |
| 35Г2 | Россия | ГОСТ |
| 150 M 36 | Великобритания | B.S. |
| 35 Mn 5 | Германия | DIN |
| 1135 | США | ASTM |
| H 13350 | США | UNS |
| 35 M 5 | Франция | AFNOR NF |
| 2120 | Швеция | SS |
| SMn 438 | Япония | JIS |
| 40Г2 | Россия | ГОСТ |
| 1541 | США | ASTM |
| SMn 438 (SMn 2) | Япония | JIS |
| 45Г2 | Россия | ГОСТ |
| 46 Mn 7 | Германия | DIN |
| 45 Mn 2 | Китай | GB |
| 1144 | США | ASTM |
| H 13450 (1345 H) | США | UNS |
| SMn 443 (SMn 3) | Япония | JIS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|---|---|---|
| 50Г2 | Россия | ГОСТ |
| 50 Mn 7 1552 | Германия США | DIN ASTM |
| 09Г2С | Россия | ГОСТ |
| G StE 420 13Mn6 12Mn SLA 33 | США Германия Германия Китай Япония | ASTM DIN DIN GB JIS |
| 10Г2С1 | Россия | ГОСТ |
| 50 C 50/35 HR 13 Mn K 02803 K 03103 E 355 SGS 450 STK 490 P355N | Великобритания Великобритания Германия США США Франция Япония Япония Евроноормы | B.S. B.S. DIN UNS UNS AFNOR NF JIS JIS EN |
| 18Г2С | Россия | ГОСТ |
| E 295 St 52-3 A 50-2 1572 SS 490 Fe 510 C S355JO | Великобритания Германия Франция Швеция Япония Евроноормы Евроноормы | B.S. DIN AFNOR NF SS JIS EN EN |
| 25Г2С | Россия | ГОСТ |
| 27SiMn | Китай | GB |
| 18Г2АФпс | Россия | ГОСТ |
| 55 F StE 355 K 02900 P 460 N 2143 SM 520 B (SM 53 B) SM 520 C (SM 53 C) FeE 460 KG FeE 460 KW | Великобритания Германия США Франция Швеция Япония Япония Евроноормы Евроноормы | B.S. DIN UNS AFNOR NF SS JIS JIS EN EN |
| 15X | Россия | ГОСТ |
| 523 M 15 15 Cr 3 (7015) 17 Cr 3 G 51150 (5115) G 61180 15 Cr 2 RR SCr 415 H 15 Cr 2 | Великобритания Германия Германия США США Франция Япония Евроноормы | B.S. DIN DIN UNS UNS AFNOR NF JIS EN |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|------------------|----------------|-----------|
| 20X | Россия | ГОСТ |
| 207 | Великобритания | B.S. |
| 20 CrS 4 | Германия | DIN |
| 5120 | США | ASTM |
| SCr 420 H | Япония | JIS |
| 30X | Россия | ГОСТ |
| 530 A 30 | Великобритания | B.S. |
| 28 Cr 4 | Германия | DIN; EN |
| 30 Cr 4 | Китай | GB |
| G 51300 (5130) | США | UNS; AISI |
| 28 C 4 | Франция | AFNOR NF |
| SCr 430 H | Япония | JIS |
| 28 Cr 4 | Евроноормы | EN |
| 35X | Россия | ГОСТ |
| 530 A 32 | Великобритания | B.S. |
| 530 M 32 | Великобритания | B.S. |
| 34 Cr 4 | Германия | DIN; EN |
| 34 CrS 4 | Германия | DIN |
| 35Cr | Китай | GB |
| H 51320 (5132 H) | США | UNS |
| 34 Cr 4 | Франция | AFNOR NF |
| SCr 430 H | Япония | JIS |
| 34 Cr 4 | Евроноормы | EN |
| 38XA | Россия | ГОСТ |
| 37 Cr 4 | Германия | DIN |
| 41 Cr 4 | Германия | DIN |
| 35Cr | Китай | GB |
| 5140 H | США | ASTM |
| 38 C 4 | Франция | AFNOR NF |
| SCr 3 | Япония | JIS |
| SCr 4 | Япония | JIS |
| 40X | Россия | ГОСТ |
| 530 A 36 | Великобритания | B.S. |
| 530 M 40 | Великобритания | B.S. |
| 37 Cr 4 | Германия | DIN; EN |
| 41 Cr 4 | Германия | DIN; EN |
| 40Cr | Китай | GB |
| G 51400 (5140) | США | UNS; AISI |
| H 51400 (5140 H) | США | UNS |
| 38 C 4 | Франция | AFNOR NF |
| 42 C 4 TS | Франция | AFNOR NF |
| SCr 435 | Япония | JIS |
| SCr 440 | Япония | JIS |
| 37 Cr 4 | Евроноормы | EN |
| 41 Cr 4 | Евроноормы | EN |
| 45X | Россия | ГОСТ |
| 5145 | США | ASTM |
| 45 C 4 | Франция | AFNOR NF |
| SCr 445 (SCr 5) | Япония | JIS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|----------------------------|----------------|--------------|
| 50X | Россия | ГОСТ |
| 5150 | США | ASTM |
| 5147 | США | ASTM |
| 5152 | США | ASTM |
| 16ГНМА | Россия | ГОСТ |
| 15 NiCuMoNb 5 | Германия | DIN |
| 10ГН2МФА | Россия | ГОСТ |
| A 508-3 | США | AISI |
| 20 MnMoNi 5 5 | Германия | DIN |
| 22 NiMoCr 3 7 | Германия | DIN |
| 13 MnNiMo 5 4 | Германия | DIN |
| типа А 508-3 | Франция | AFNOR NF |
| 12МХ | Россия | ГОСТ |
| 620-440 | Великобритания | B.S. |
| 13 CrMo 4-5 | Великобритания | B.S.; EN |
| 13 CrMo 4-5 // 13 CrMo 4 4 | Германия | DIN; EN |
| K 11562 (A 182-F12) | США | UNS |
| K 11564 (A 182-F12) | США | UNS |
| 13 CrMo 4-5 | Франция | AFNOR NF; EN |
| 15 CD 3.5 | Франция | AFNOR NF |
| 2216 | Швеция | SS |
| STPA 20 | Япония | JIS |
| STPA 22 | Япония | JIS |
| 13 CrMo 4-5 | Еврономы | EN |
| 12ХМ | Россия | ГОСТ |
| 620-440 | Великобритания | B.S. |
| 13 CrMo 4-5 | Великобритания | B.S.; EN |
| 13 CrMo 4-5 // 13 CrMo 4 4 | Германия | DIN; EN |
| 12CrMo | Китай | GB |
| K11562 (A 182-F12) | США | UNS; ASTM |
| K11564 (A 182-F12) | США | UNS; ASTM |
| 13 CrMo 4-5 | Франция | AFNOR NF; EN |
| 15 CD 3.5, 15 CD 4.05 | Франция | AFNOR NF |
| 2216 | Швеция | SS |
| STPA 20 | Япония | JIS |
| STPA 22 | Япония | JIS |
| 13 CrMo 4-5 | Еврономы | EN |
| 15ХМ | Россия | ГОСТ |
| 620-440 | Великобритания | B.S. |
| 620-540 | Великобритания | B.S. |
| 13 CrMo 4-5 | Великобритания | B.S.; EN |
| 15 CrMo 5 | Германия | DIN |
| 15CrMo | Китай | GB |
| K 11564 (A 182-F12) | США | UNS |
| K 11789 | США | UNS |
| 13 CrMo 4-5 | Франция | AFNOR NF; EN |
| 2216 | Швеция | SS |
| SFVA F 12 | Япония | JIS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|---|---|--|
| 15XM | Россия | ГОСТ |
| SCM 415, SCM415H 13 CrMo 4-5 | Япония Евронормы | JIS EN |
| 20XM | Россия | ГОСТ |
| 25 CrMo 4 GS-25 CrMo 4 (G 25 CrMo 4) 25 CrMo 4 ML30CrMo A H 41300 25 CrMo 4 2225 SCM 420 H 25 CrMo 4 20 MoCr 3 | Великобритания Германия Италия Китай США Франция Швеция Япония Евронормы Евронормы | B.S.; EN DIN; EN UNI; EN GB UNS; AISI AFNOR NF; EN SS JIS EN EN |
| 30XM | Россия | ГОСТ |
| 25 CrMo 4 25 CrMo 4 30CrMo G 41300 (4130; 1206) 25 CrMo 4 SCM 420 25 CrMo 4 | Великобритания Германия Китай США Франция Япония Евронормы | B.S.; EN DIN; EN GB UNS; AISI AFNOR NF; EN JIS EN |
| 30XMA | Россия | ГОСТ |
| 25 CrMo 4 25 CrMo 4 25 CrMo 4 V 4130 4130 H E 4132 30 CrMo 4 SCM 430 (SCM 2) SCM 432 | Великобритания Германия Германия США США США США Япония Япония | B.S.; EN DIN DIN ASTM ASTM AISI AISI/SAE JIS JIS |
| 35XM | Россия | ГОСТ |
| 34 CrMo 4 34 CrMo 4 35CrMo 4135 H G 41370 (4137) 34 CD 4 2234 SCM 435 H 34 CrMo 4 34 CrMo 4 KD | Великобритания Германия Китай США США Франция Швеция Япония Евронормы Евронормы | B.S.; EN DIN; EN GB ASTM UNS; AISI AFNOR NF SS JIS EN EN |
| 35XM | Россия | ГОСТ |
| 19 34 CrMo 4 4132 H 35 CD 4 SCM 3 | Великобритания Германия США Франция Япония | B.S.; EN DIN AISI/SAE AFNOR NF JIS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|-----------------------------------|----------------|----------|
| 15ХФ | Россия | ГОСТ |
| 6117 | США | ASTM/SAE |
| 14ХГС | Россия | ГОСТ |
| 50 D | Великобритания | B.S. |
| 50/35 HS | Великобритания | B.S. |
| 13 Mn 6 | Германия | DIN |
| St 52-3 | Германия | DIN |
| 16Mn | Китай | GB |
| A 573 | США | ASTM |
| E 355 | Франция | AFNOR NF |
| SM 50 B | Япония | JIS |
| S355N | Евронормы | EN |
| 30ХГСА | Россия | ГОСТ |
| SCSiMn 2 | Япония | JIS |
| 25ХГМ | Россия | ГОСТ |
| 20 CrMo 5 | Германия | DIN |
| 40ХГМА | Россия | ГОСТ |
| A-4142HM | США | AISI |
| D | США | API |
| 18ХГТ | Россия | ГОСТ |
| 20 MnCr 5 G | Германия | DIN |
| 30ХГТ | Россия | ГОСТ |
| 30 MnCrTi | Германия | DIN |
| 12Х1МФ (ЭИ 575), 12Х1МФ-ПВ | Россия | ГОСТ |
| 13 CrMoV 4.2 | ГДР | TGL |
| 15123 H | Чехословакия | CSN |
| 15Х1М1Ф | Россия | ГОСТ |
| X 22 CrMoV 12.1 | ГДР | TGL |
| 25Х1МФ (ЭИ 10) | Россия | ГОСТ |
| 24 CrMoV 5 5 | Германия | DIN |
| 25Х1М1Ф (P2, P2MA) | Россия | ГОСТ |
| 21 CrMoV 5 7 | Германия | DIN |
| 10ХСНД | Россия | ГОСТ |
| S 420 N | Великобритания | B.S. |
| SB 47 FG | Германия | DIN |
| StE 460 | Германия | DIN |
| Q420C | Китай | GB |
| A 350 | США | ASTM |
| E 420 | Франция | AFNOR NF |
| STK 540 | Япония | JIS |
| S420N | Евронормы | EN |
| 20ХН | Россия | ГОСТ |
| 3120 | США | SAE |
| 2510 | Швеция | SS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|--|---|---|
| 40XH | Россия | ГОСТ |
| 40 NiCr 6 3140 H G 31400 (3140) 2530 SNC 236 (SNC 1) | Германия США США Швеция Япония | DIN AISI/SAE UNS SS JIS |
| 45XH | Россия | ГОСТ |
| 3145 | США | AISI |
| 34XH1M | Россия | ГОСТ |
| 34 CrNiMo 6 A 646 G 43376 34 CrNiMo 6 SNCM 34CrNiMo 6 | Великобритания США США Франция Япония Евронормы | B.S. ASTM UNS AFNOR NF JIS EN |
| 12XH2 | Россия | ГОСТ |
| 15 CrNi 6 16 NC 6 2511 | Германия Франция Швеция | DIN AFNOR NF SS |
| 20XH2M (20XHM) | Россия | ГОСТ |
| 17 CrNiMo 6 4320 SNCM 415 | Германия США Япония | DIN ASTM JIS |
| 30XH2MA | Россия | ГОСТ |
| SNCM 431 | Япония | JIS |
| 40XH2MA (40XHMA) | Россия | ГОСТ |
| 36 CrNiMo 4 (817 M 37) 36 CrNiMo 4 (6511) G 43400 (4340) 36 CrNiMo 4 SNCM 439 (SNCM 8) 40 NiCrMo 4 KD | Великобритания Германия США Франция Япония Евронормы | B.S.; EN DIN; EN UNS AFNOR NF; EN JIS EN |
| 12XH3A | Россия | ГОСТ |
| 14 NiCr 10 (5732) 10 NC 11 SNC 815 H | Германия Франция Япония | DIN AFNOR NF JIS |
| 20XH3A | Россия | ГОСТ |
| 20 NC 11 20CrNi3A 2515 | Франция Китай Швеция | AFNOR NF GB SS |
| 30XH3A | Россия | ГОСТ |
| 30 NiCr 14 30 NC 11 SNC 631 (SNC 2) | Германия Франция Япония | DIN AFNOR NF JIS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|-------------------------------------|----------------|--------------|
| 38ХНЗМА | Россия | ГОСТ |
| SNC 28 | Япония | JIS |
| 38ХНЗМФА | Россия | ГОСТ |
| 34 NiCrMoV 14 5 | Германия | DIN |
| 35 NiCrMoV 12-5 | Евронормы | EN |
| 10Х2М (48ГН-1), 10Х2М-ВД | Россия | ГОСТ |
| F 22 | США | UNS |
| 10 CrMo 9-10 | Евронормы | EN |
| 12Х2МФА (48ТС-2), 12Х2МФА-А | Россия | ГОСТ |
| SA 387 Cr22-2 | США | UNS |
| 15Х2МФА (ТС-3-40), 15Х2МФА-А | Россия | ГОСТ |
| A 542-1 | США | AISI |
| 25Х2М1Ф (ЭИ 723) | Россия | ГОСТ |
| 21 CrMoV 5 7 | Германия | DIN |
| 24 CrMoV 5 5 | Германия | DIN |
| 38Х2МЮА (38ХМЮА) | Россия | ГОСТ |
| 905 M 39 | Великобритания | B.S. |
| 41 CrAlMo 7 | Германия | DIN |
| J 24056 | США | UNS |
| 40 CAD 6. 12 | Франция | AFNOR NF |
| 2940 | Швеция | SS |
| SACM 645 | Япония | JIS |
| 41 CrAlMo 7 | Евронормы | EN |
| 15Х2НМФА, 15Х2НМФА-А | Россия | ГОСТ |
| 17 CrNiMo 6 | Германия | DIN |
| 38Х2Н2МА (38ХНМА) | Россия | ГОСТ |
| 34 CrNiMo 6 | Великобритания | B.S.; EN |
| 34 CrNiMo 6 | Германия | DIN; EN |
| G 43400 (4340) | США | UNS |
| 34 CrNiMo 6 | Франция | AFNOR NF; EN |
| SNCM 447 | Япония | JIS |
| 34 CrNiMo 6 | Евронормы | EN |
| 40Х2Н2МА (40Х1НВА) | Россия | ГОСТ |
| 817 A 37 | Великобритания | B.S. |
| 40 NiCrMo 6 | Германия | DIN |
| G 43400 (4340) | США | UNS |
| SNCM 439 | Япония | JIS |
| 14Х2НЗМА | Россия | ГОСТ |
| 9310 H | США | SAE |
| 12Х2Н4А | Россия | ГОСТ |
| 3310 H | США | AISI/SAE |
| 20Х2Н4А | Россия | ГОСТ |
| 20H2N4A | Польша | PN |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|----------------------------|----------------|--------------|
| 18X2H4MA (18X2H4BA) | Россия | ГОСТ |
| (G) X 19 NiCrMo 4 | Германия | DIN |
| SNCM 815 | Япония | JIS |
| 30X3MФ | Россия | ГОСТ |
| 30CrMoV 9 | Германия | DIN |
| 15X5M (12X5MA, X5M) | Россия | ГОСТ |
| 502 | США | AISI |
| Z20CD5 | Франция | AFNOR NF |
| 1Cr5Mo | Китай | GB |
| STC 48 | Япония | JIS |
| X11CrMo5 | Евроноормы | EN |
| 15X6CЮ | Россия | ГОСТ |
| X 10 CrAlSi 7 | Великобритания | B.S. |
| DE 4713 | Германия | DIN |
| X10CrAl7 | Германия | DIN |
| X 10 CrAlSi 7 | Германия | DIN |
| 17 113 | Чехия/Словакия | CSN |
| X10CrAlSi7 | Евроноормы | EN |
| 65Г | Россия | ГОСТ |
| Ск 67 | Германия | DIN |
| 1566 | США | ASTM |
| 40XФА | Россия | ГОСТ |
| 42 CrMo 4 (708 M 40) | Великобритания | B.S.; EN |
| 41 CrMo 4 | Германия | DIN |
| G 41400 (4140) | США | UNS |
| 42 CD 4 TS | Франция | AFNOR NF |
| 2244 | Швеция | SS |
| SCM 440 | Япония | JIS |
| 41 CrMo 4 | Евроноормы | EN |
| 50XФА | Россия | ГОСТ |
| 51 CrV 4 | Великобритания | B.S.; EN |
| 51 CrV 4 // 50 CrV 4 | Германия | DIN; EN |
| G 41500 (4150) | США | UNS |
| 50 CrMo 4 | Франция | AFNOR NF; EN |
| 51 CrV 4 | Франция | AFNOR NF; EN |
| 2230 | Швеция | SS |
| SCM 445 H | Япония | JIS |
| 50 CrV 4 | Евроноормы | EN |
| 51 CrV 4 | Евроноормы | EN |
| 55C2 | Россия | ГОСТ |
| 251 A 58 | Великобритания | B.S. |
| 55 Si 7 | Германия | DIN |
| G 92550 (9255) | США | UNS |
| 55 S 7 | Франция | AFNOR NF |
| 2085 | Швеция | SS |
| SUP 7 | Япония | JIS |
| 55 Si | Евроноормы | EN |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|------------------------------|----------------|----------|
| 60C2 | Россия | ГОСТ |
| 251 A 60 | Великобритания | B.S. |
| 60 Si 7 | Германия | DIN |
| G 92600 (9260) | США | UNS |
| 60 S 7 | Франция | AFNOR NF |
| SUP 6 | Япония | JIS |
| 60 Si 7 | Евронормы | EN |
| 60C2A | Россия | ГОСТ |
| 65 Si 7 | Германия | DIN |
| 9260 | США | ASTM |
| SUP 6 | Япония | JIS |
| 65C2BA | Россия | ГОСТ |
| 45 SCD 6 | Франция | AFNOR NF |
| 60C2XA | Россия | ГОСТ |
| 71 Si 7 | Германия | DIN |
| 65 Sc 7 | Франция | AFNOR NF |
| 70C2XA | Россия | ГОСТ |
| 71 Si 7 | Германия | DIN |
| ШХ15 | Россия | ГОСТ |
| 100 Cr 6 (3505) | Германия | DIN; LW |
| J 19965 (52100) | США | UNS |
| 100 C 6 | Франция | AFNOR NF |
| 2258 | Швеция | SS |
| SUJ 4 | Япония | JIS |
| 100 Cr 6 | Евронормы | EN |
| ШХ15СГ | Россия | ГОСТ |
| 100CrMn 6 (3520) | Германия | DIN |
| GCr15SiMn | Китай | GB |
| К 19195 | США | UNS |
| 100 CrMn 6 (100 CM 6) | Франция | AFNOR NF |
| 100CrMn6 | Евронормы | EN |
| 95X18 (9X18, ЭИ 229) | Россия | ГОСТ |
| X 102 CrMo 17 | Германия | DIN |
| 440 B | США | ASTM |
| X 105 CrMo 17 (Z 100 CD 17) | Франция | AFNOR NF |
| SUS 440 C | Япония | JIS |
| X 102 CrMo 17 | Евронормы | EN |
| 10X9MФБ (ДИ 82) | Россия | ГОСТ |
| A 335 (P 91) | США | ASTM |
| X10CrMoVNb 9-1 | Германия | DIN |
| X10CrMoV Nb 9-1 | Евронормы | EN |
| 40X9C2 (4X9C2, ЭСХ 8) | Россия | ГОСТ |
| 401 S 45 | Великобритания | B.S. |
| G-X 45CrSi 9 3 | Германия | DIN |
| ZG40Cr9Si2 | Китай | GB |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|---|--|---|
| 40X9C2 (4X9C2, ЭСХ 8) | Россия | ГОСТ |
| S 65007 (HNV 3) Z 45 CS 9 SUH 1 X 45 CrSi 8 | США Франция Япония Евроноормы | UNS AFNOR NF JIS EN |
| 40X10C2М (4X10C2М, ЭИ 107) | Россия | ГОСТ |
| X 40 CrSiMo 10-2 Z 40 CSD 10 SUH 3 X 40 CrSiMo 10 | Германия Франция Япония Евроноормы | DIN AFNOR NF JIS EN |
| 15X11МФ (1X11МФ) | Россия | ГОСТ |
| 15H11MF | Польша | PN |
| 18X11МНФБ (2X11МФБН, ЭП 291) | Россия | ГОСТ |
| X 22 CrMoV 12-1 (1.4923) SUH 600 | Германия Япония | DIN JIS |
| 13X11H2B2МФ (ЭИ 961) | Россия | ГОСТ |
| 56 B 420 Z 20 C 13 | Великобритания США Франция | B.S. AISI/SAE AFNOR NF |
| 15X12ВНМФ (ЭИ 802, ЭИ 952) | Россия | ГОСТ |
| 15H12WMF | Польша | PN |
| 37X12H8Г8МФБ (ЭИ 481) | Россия | ГОСТ |
| GH2036 | Китай | GB |
| 08X13 (0X13, ЭИ 496) | Россия | ГОСТ |
| 403 S 17 X 6 Cr 13 S 40300 (403) Z 6 C 13 2301 SUS 403 X 6 Cr 13 | Великобритания Германия США Франция Швеция Япония Евроноормы | B.S. DIN; EN UNS AFNOR NF SS JIS EN |
| 12X13 (1X13) | Россия | ГОСТ |
| 410 S 21 X12Cr13 X 12 Cr13 (X 10 Cr 13) 1Cr12 S 41000 // 410 Z 10 C 13 Z 12 C 13 2302 SUS 410 X 10 Cr 13 X 12 Cr 13 | Великобритания Великобритания Германия Китай США Франция Франция Швеция Япония Евроноормы Евроноормы | B.S. B.S. DIN; EN GB UNS; AISI AFNOR NF AFNOR NF SS JIS EN EN |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|--------------------------------|------------------|----------|
| 20X13 (2X13) | Россия | ГОСТ |
| 420 S 37 | Великобритания | B.S. |
| X 20 Cr 13 | Германия | DIN; EN |
| S 42000 (420) | США | UNS |
| X 20 Cr 13 | Франция | AFNOR NF |
| 2303 | Швеция | SS |
| SUS 420J1 | Япония | JIS |
| X 20 Cr 13 | Евронормы | EN |
| 30X13 (3X13) | Россия | ГОСТ |
| 420 S 45 | Великобритания | B.S. |
| X 30 Cr 13 | Германия | DIN; EN |
| S 42020 (420 F) | США | UNS |
| Z 30 C 13 | Франция | AFNOR NF |
| 2304 | Швеция | SS |
| SUS 420J2 | Япония | JIS |
| X 30 Cr 13 | Евронормы | EN |
| 40X13 (4X13) | Россия | ГОСТ |
| 420 S 45 | Великобритания | B.S. |
| X 38 Cr 13 (X 39 Cr 13) | Германия | DIN; EN |
| 420 | США | AISI |
| Z 40 C 13 | Франция | AFNOR NF |
| 2304 | Швеция | SS |
| SUS 420J2 | Япония | JIS |
| X 40 Cr 13 | Евронормы | EN |
| 08X14MФ | Россия | ГОСТ |
| X12CrNiMoV 12-3 | Евронормы | EN |
| X22CrMoV 12-1 | Евронормы | EN |
| X19CrMoNbVN 11-1 | Евронормы | EN |
| 05X14H5ДМ | Россия | ГОСТ |
| X5CrNiCuNb 16-4 | Евронормы | EN |
| X4CrNiCuNb 16-4 | Евронормы | EN |
| X4CrNiMo 16-5-1 | Евронормы | EN |
| 45X14H14B2М (ЭИ 69) | Россия | ГОСТ |
| 17322 | Чехия и Словакия | CSN |
| X 45 CrNiW 18 9 | Германия | EN |
| 07X16H6 (X16H6, ЭП 288) | Россия | ГОСТ |
| 301 S 21 | Великобритания | B.S. |
| X 10 CrNi 18-8 | Великобритания | B.S. |
| X 10 CrNi 18-8 | Германия | DIN |
| X10CrNi18-8 | Евронормы | EN |
| 301 | США | AISI |
| A 554 | США | ASTM |
| Z 11CN 18-08 | Франция | AFNOR NF |
| SUS 301 | Япония | JIS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|--|----------------|-----------|
| 08X16H13M2Б (ЭИ 405, ЭИ 680) | Россия | ГОСТ |
| 318 S 17 | Великобритания | B.S. |
| X 6 CrNiMoNb 17-12-2 | Германия | DIN; EN |
| J 92971 | США | UNS |
| X 6 CrNiMoNb 17-12-2 | Франция | AFNOR NF |
| Z 6 CNDNб 17.12 | Франция | AFNOR NF |
| X 6 CrNiMoNb 17-12-2 | Евроноормы | EN |
| 08X17Т (0X17Т, ЭИ 645) | Россия | ГОСТ |
| X 6 Cr Ti 17 | Германия | DIN; EN |
| S 43036 (430 Ti) | США | UNS |
| Z 8 CT 17 | Франция | AFNOR NF |
| SUS 430LX | Япония | JIS |
| X 5 CrTi 17 | Евроноормы | EN |
| 12X17 (X17, ЭЖ 17) | Россия | ГОСТ |
| 430 S 17 | Великобритания | B.S. |
| X 6 Cr 17 | Германия | DIN |
| S 43000 (430) | США | UNS |
| Z 8 C 17 | Франция | AFNOR NF |
| SUS 430 | Япония | JIS |
| X 6 Cr 17 | Евроноормы | EN |
| 14X17H2 (1X17H2, ЭИ 268) | Россия | ГОСТ |
| 431 / 51431 | США | AISI/SAE |
| Z 10 CN 17 | Франция | AFNOR NF |
| SUS 44 | Япония | JIS |
| 08X17H13M2Т (0X17H13M2Т) | Россия | ГОСТ |
| X 10 CrNiMoTi 18 12 | Германия | DIN |
| 1Cr18Ni12Mo2Ti | Китай | GB |
| S 31635 // 316 Ti | США | UNS; AISI |
| SUS 316 Ti | Япония | JIS |
| 10X17H13M2Т (X17H13M2Т, ЭИ 448) | Россия | ГОСТ |
| 320 S 17 | Великобритания | B.S. |
| X 6 CrNiMoTi 17-12-2 (4571) | Германия | DIN; EN |
| S 31635 (316 Ti) | США | UNS |
| Z 6 CNDT 17.13 | Франция | AFNOR NF |
| 2350 | Швеция | SS |
| SUS 316T1 | Япония | JIS |
| X 6 CrNiMoTi 17 12 2 | Евроноормы | EN |
| 10X17H13M3Т (X17H13M3Т, ЭИ 432) | Россия | ГОСТ |
| 320 S 33 | Великобритания | B.S. |
| X 10 CrNiMoTi 18 12 | Германия | DIN |
| S 31635 (316 Ti) | США | UNS |
| SUS 316T1 | Япония | JIS |
| 03X17H14M3 (000X17H13M2) | Россия | ГОСТ |
| 316 S 11 | Великобритания | B.S. |
| X2CrNiMo18-14-3 | Великобритания | B.S. |
| X 3 CrNiMo 17-13-3 | Германия | DIN |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|----------------------------------|----------------|----------|
| 03X17H14M3 (000X17H13M2) | Россия | ГОСТ |
| 00Cr17Ni14Mo3 | Китай | GB |
| 30316 | США | SAE |
| A 312 | США | ASTM |
| S 31600 | США | UNS |
| SUS 316 L | Япония | JIS |
| X3CrNiMo17-13-3 | Евронормы | EN |
| 08X17H15M3Т (ЭИ 580) | Россия | ГОСТ |
| 317 | США | AISI/SAE |
| 12X18H9 (X18H9) | Россия | ГОСТ |
| 302 S 26 | Великобритания | B.S. |
| X10CrNi 18 9 | Германия | DIN |
| X 12 CrNi 18 8 | Германия | DIN |
| 1Cr18Ni9 | Китай | GB |
| S 30200 (302; 30302) | США | UNS |
| Z 10 CN 18.09 | Франция | AFNOR NF |
| 2331 | Швеция | SS |
| SUS 302 | Япония | JIS |
| X10CrNi18-08 | Евронормы | EN |
| 12X18H9Т (X18H9Т) | Россия | ГОСТ |
| 321 S 51 | Великобритания | B.S. |
| 17X18H9 (2X18H9) | Россия | ГОСТ |
| S 30200 (302; 30302) | США | UNS |
| STC 52 C | Япония | JIS |
| SUS 302 | Япония | JIS |
| 08X18H10 (0X18H10) | Россия | ГОСТ |
| 586 | Великобритания | B.S. |
| 304 S 15 | Великобритания | B.S. |
| LWCF21 | Великобритания | B.S. |
| X5CrNi18-10 | Великобритания | B.S. |
| X 5 CrNi 18 10 (X 4 Cr Ni 18-10) | Германия | DIN; EN |
| 0Cr18Ni9 | Китай | GB |
| 304 H | США | UNS |
| J 92610 (304) | США | UNS |
| S 30400 (304) | США | UNS |
| Z 4 CN 19-10 | Франция | AFNOR NF |
| Z 6 CN 18-09 | Франция | AFNOR NF |
| 2332 | Швеция | SS |
| 2333 | Швеция | SS |
| SUS 304 | Япония | JIS |
| SUS F 304 | Япония | JIS |
| X 4 CrNi 18 10 | Евронормы | EN |
| X 5 CrNi 18 10 | Евронормы | EN |
| X 6 CrNi 18 10 | Евронормы | EN |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|---|--|--|
| 08X18H10T (0X18H10T, ЭИ 914) | Россия | ГОСТ |
| 321 S 31 X 6 CrNiTi 18-10 0Cr18Ni10Ti S 32100 (321) Z 6 CN 18-10 2337 SUS F 321 X 6 CrNiTi 18-10 | Великобритания Германия Китай США Франция Швеция Япония Евронормы | B.S. DIN; EN GB UNS; AISI AFNOR NF SS JIS EN |
| 12X18H10T | Россия | ГОСТ |
| 321 S 31 X 12 CrNiTi 18-9 0Cr18Ni10Ti S 32100 (321) Z 10 CNT 18-10 2337 SUS 321 X 6 CrNiTi 18-10 | Великобритания Германия Китай США Франция Швеция Япония Евронормы | B.S. DIN; SEW GB UNS; AISI AFNOR NF SS JIS EN |
| 08X18H12Б (ЭИ 402) | Россия | ГОСТ |
| X 10 CrNiNb 18.9 347 | Германия США | DIN AISI/SAE |
| 08X18H12T | Россия | ГОСТ |
| S 524 S 526 H0Cr20Ni10Ti J 92630 | Великобритания Великобритания Китай США | B.S. B.S. GB UNS |
| 12X18H12T (X18H12T) | Россия | ГОСТ |
| 321 X 6 CrNiTi 18-10 1Cr18Ni9Ti 321 SUS 321 X8CrNiTi18-10 | Великобритания Германия Китай США Япония Евронормы | B.S. DIN GB AISI JIS EN |
| 31X19H9MBEГ (ЭИ 572) | Россия | ГОСТ |
| 651 A 458 K 63198 | США США США | AISI ASTM UNS |
| 20X20H14C2 (X20H14C2, ЭИ 211) | Россия | ГОСТ |
| 309 S 24 S 30900 (3023) Z 17 CNS 20-12 SUH 309 X 15 CrNiSi 20 12 | Великобритания США Франция Япония Евронормы | B.S. UNS AFNOR NF JIS EN |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|--------------------------------------|----------------|-----------|
| 08X22H6T (0X22H5T, ЭП 53) | Россия | ГОСТ |
| 304 S | Великобритания | B.S. |
| X 2 CrNiMoN 22-5-3 | Великобритания | B.S. |
| G-X 2 CrNiMoN 22 5 3 | Германия | DIN |
| A 789 | США | ASTM |
| S 31803 | США | UNS |
| X 2 CrNiMoN 22-5-3 | Франция | AFNOR NF |
| SUS 304 | Япония | JIS |
| X2CrNiMoN22-5-3 | Евронормы | EN |
| 20X23H13 (X23H13, ЭИ 319) | Россия | ГОСТ |
| 309 / 30309 | США | AISI/SAE |
| 10X23H18 | Россия | ГОСТ |
| X8CrNi25-21 (1.4845) | Германия | DIN |
| 310S | США | AISI/ASTM |
| 20X23H18 (X23H18, ЭИ 417) | Россия | ГОСТ |
| 310 S 16 | Великобритания | B.S. |
| X3NiCrCuMoTi 2723 | Германия | DIN |
| S 31008 (310 S) | США | UNS |
| 2361 | Швеция | SS |
| SUS 310S | Япония | JIS |
| 15X25T (X25T, ЭИ 439) | Россия | ГОСТ |
| 446 | США | AISI |
| 20X25H20C2 (X25H20C2, ЭИ 283) | Россия | ГОСТ |
| 314 S 25 | Великобритания | B.S. |
| X 15 CrNiSi 25-20 | Германия | DIN; SEW |
| S 31400 (314) | США | UNS |
| Z 15 CNS 25-20 | Франция | AFNOR NF |
| 2376 | Швеция | SS |
| SUH 310 | Япония | JIS |
| X 15 CrNiSi 25 20 | Евронормы | EN |
| У7 | Россия | ГОСТ |
| C 70 W 2 | Германия | DIN |
| XC 65 COURANTS | Франция | AFNOR NF |
| SK 7 | Япония | JIS |
| CT 70 | Евронормы | EN |
| У7А | Россия | ГОСТ |
| C 70 U // C 70 W 1 (1520) | Германия | DIN |
| XC 65 FINS | Франция | AFNOR NF |
| CT 70 | Евронормы | EN |
| У8 | Россия | ГОСТ |
| BW 1 B | Великобритания | B.S. |
| C 80 W 2 | Германия | DIN |
| W 1-0.8 C EXTRA | США | AISI/SAE |
| C 90 E2U (Y 90) | Франция | AFNOR NF |
| SK 5 | Япония | JIS |
| SK 6 | Япония | JIS |
| SKC 3 | Япония | JIS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|---|---|---|
| У8А | Россия | ГОСТ |
| C 80 W 1 (C 80 U) W 1-0.8 C STAND У 80 SKU 4 СТ 80 | Германия США Франция Япония Евроноормы | DIN AISI/SAE AFNOR NF JIS EN |
| У9 | Россия | ГОСТ |
| BW 1 A C 85 W2 W1-8.5 W 1-0.9 C EXTRA XC 85 COURANTS SK4, SK5 | Великобритания Германия США США Франция Япония | B.S. DIN ASTM AISI/SAE AFNOR NF JIS |
| У9А | Россия | ГОСТ |
| C 85 W1 W 1-0.9 C STAND XC 85 FINS SKU 3 | Германия США Франция Япония | DIN AISI/SAE AFNOR NF JIS |
| У10 | Россия | ГОСТ |
| 1640 C 100 W2 МК 101 W 1-1.0 C EXTRA W1-9 / 0.5 W2-9 / 0.5 XC 95 COURANTS SK 3 SK 4 | Германия Германия Германия США США США Франция Япония Япония | DIN DIN DIN AISI/SAE ASTM ASTM AFNOR NF JIS JIS |
| У10А | Россия | ГОСТ |
| 1540 C 100 W1 C 105 W 1 (C 105 U) W 1-1.0 C T 72301 (W 110) XC 95 FINS SK 3 СТ 105 1880 | Германия Германия Германия США США Франция Япония Евроноормы Швеция | DIN DIN DIN AISI/SAE UNS AFNOR NF JIS EN SS |
| У12 | Россия | ГОСТ |
| C 115 W2 W 1-1.2 C EXTRA W1-11 /0.5 SK 2 | Германия США США Япония | DIN AISI/SAE ASTM JIS |
| У12А | Россия | ГОСТ |
| C 115 W2 W 1-1.2 C SPEC XC 120 FINS 1885 | Германия США Франция Швеция | DIN AISI/SAE AFNOR NF SS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|--------------------------------|----------------|-----------|
| 9XC | Россия | ГОСТ |
| 150 Cr 14 | Германия | DIN |
| 90 CrSi (2108) | Германия | DIN |
| XBГ | Россия | ГОСТ |
| 105 WCr 6 | Германия | DIN |
| O 1 | США | AISI |
| 90 MCW 5 | Франция | AFNOR NF |
| 105 WCr 5 (105 WC 13) | Франция | AFNOR NF |
| SKSA | Япония | JIS |
| SKS 3 | Япония | JIS |
| 107 WCR 5 | Евроноормы | EN |
| 5XHM | Россия | ГОСТ |
| BH 224/5 | Великобритания | B.S. |
| 55 NiCrMoV 6 | Германия | DIN |
| T 61206 (L 6) | США | UNS |
| 60 NSDV 06-02 | Франция | AFNOR NF |
| SKT 4 | Япония | JIS |
| 55 NiCrMoV 7 | Евроноормы | EN |
| 3X2B8Ф | Россия | ГОСТ |
| X 30 WCrV 9-3 | Германия | DIN |
| 3Cr2W8V | Китай | GB |
| T 20821 // H 21 | США | UNS; AISI |
| X 30 WCrV 9 (Z 30 WCV 9) | Франция | AFNOR NF |
| SKD 5 | Япония | JIS |
| X 30 WCrV 9 3 | Евроноормы | EN |
| 3X3M3Ф | Россия | ГОСТ |
| BH 10 | Великобритания | B.S. |
| X 32 CrMoV 3 3 (32 CrMoV12-28) | Германия | DIN |
| T 20810 (H 10) | США | UNS |
| 32 DCV 28 | Франция | AFNOR NF |
| 30 CrMoV 12 11 | Евроноормы | EN |
| 4X5MФ1С (ЭП 572) | Россия | ГОСТ |
| BH 13 | Великобритания | B.S. |
| X 40 CrMoV 5-1 | Германия | DIN |
| T 20813 (H 13) | США | UNS |
| X 40 CrMoV 5 (Z 40 CDV 5) | Франция | AFNOR NF |
| SKD 61 | Япония | JIS |
| X 40 CrMoV 5 1 1 | Евроноормы | EN |
| X6BФ | Россия | ГОСТ |
| Z 100 CD 05 | Франция | AFNOR NF |
| X12 | Россия | ГОСТ |
| BD 3 | Великобритания | B.S. |
| 2090 | Германия | DIN |
| 210 Cr 46 | Германия | DIN |
| T 30403 (D 3) | США | UNS |
| X 200 Cr 12 (Z 200 C 12) | Франция | AFNOR NF |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|----------------------------------|----------------|-----------|
| X12 | Россия | ГОСТ |
| SKD 1 | Япония | JIS |
| X 210 Cr 12 | Евронормы | EN |
| X12MФ | Россия | ГОСТ |
| X 165 CrMoV 12 | Германия | DIN |
| D 2 | США | AISI |
| Z 160 CDV 12 | Франция | AFNOR NF |
| SKD 11 | Япония | JIS |
| X12BMФ | Россия | ГОСТ |
| X 210 CrV 12 | Германия | DIN |
| D 4 | США | AISI |
| Z 200 CW 13 | Франция | AFNOR NF |
| SKD 2 | Япония | JIS |
| 9ХФ, 9Х1Ф | Россия | ГОСТ |
| 80 CrV 2 | Германия | DIN |
| 80 CDV 02 | Франция | AFNOR NF |
| SKS 95 | Япония | JIS |
| 9Х1 (9Х) | Россия | ГОСТ |
| 85 Cr 1 (2004) | Германия | DIN |
| 50ХН | Россия | ГОСТ |
| 3150 | США | AISI /SAE |
| 11P3AM3Ф2 | Россия | ГОСТ |
| S 3-3-2 (HS 3-3-2); (ABC III) | Германия | DIN |
| P6M5 | Россия | ГОСТ |
| BM 2 | Великобритания | B.S. |
| S 6-5-2 (HS 6-5-2); (DMo5) | Германия | DIN |
| T 11302 | США | UNS |
| HS 6-5-2 (Z85WDCV 06-05-04-02) | Франция | AFNOR NF |
| SKH 51 | Япония | JIS |
| HS 6-5-2 | Евронормы | EN |
| P6M5K5 | Россия | ГОСТ |
| BM 35 | Великобритания | B.S. |
| S 6-5-2-5 (HS 6-5-2-5) (EMo5Co5) | Германия | DIN |
| HS 6-5-2-5 (Z 85 WDKCV ...) | Франция | AFNOR NF |
| SKH 55 | Япония | JIS |
| HS 6-5-2-5 | Евронормы | EN |
| P9 | Россия | ГОСТ |
| 65 WMo 34 8 | Германия | DIN |
| P18 | Россия | ГОСТ |
| BT 1 | Великобритания | B.S. |
| X 74 WV 19 | Германия | DIN |
| X75 WCrV 18 4 1 | Германия | DIN |
| T1 | США | ASTM |
| HS 18-0-1 (Z 80 WCV 18-04-01) | Франция | AFNOR NF |
| SKH 2 | Япония | JIS |
| HS 18-0-1 | Евронормы | EN |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|-----------------|----------------|----------|
| P18K5Φ2 | Россия | ГОСТ |
| Z 85 WK 18-0.5 | Франция | AFNOR NF |
| 15Л | Россия | ГОСТ |
| CS-38 | Германия | DIN |
| SC 360 | Япония | JIS |
| 20Л | Россия | ГОСТ |
| GS-C25 | Германия | DIN |
| 1A | США | ASTM |
| Grade U 415-205 | США | ASTM |
| Grade WCA | США | ASTM |
| A 420C-M | Франция | AFNOR NF |
| SCPH 1 | Япония | JIS |
| 25Л | Россия | ГОСТ |
| GS-45.3 | Германия | DIN |
| GS-45 | Германия | DIN |
| A 10 | США | ASTM |
| Grade 450-240 | США | ASTM |
| 230-400-M(3) | Франция | AFNOR NF |
| FA-M | Франция | AFNOR NF |
| SC 410 | Япония | JIS |
| 30Л | Россия | ГОСТ |
| Grade 485-250 | США | ASTM |
| Grade WCB | США | ASTM |
| LCB | США | ASTM |
| SC 450 | Япония | JIS |
| 35Л | Россия | ГОСТ |
| GS-52 | Германия | DIN |
| 1 | США | ASTM |
| 280-480 M (3) | Франция | AFNOR NF |
| SC 480 | Япония | JIS |
| 40Л | Россия | ГОСТ |
| 3A | США | ASTM |
| SCC3 | Япония | JIS |
| 45Л | Россия | ГОСТ |
| A 3 | Великобритания | B.S. |
| GE 300 | Германия | DIN |
| ZG310-570 | Китай | GB |
| A 510 | США | ASTM |
| G 10450 | США | UNS |
| C 45 E | Франция | AFNOR NF |
| S 45 C | Япония | JIS |
| GE300 | Евронормы | EN |
| 50Л | Россия | ГОСТ |
| GS-60 | Германия | DIN |
| 4A | США | ASTM |
| A 420C-M | Франция | AFNOR NF |
| SCC5A | Япония | JIS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|------------------------|----------------|----------|
| 20ГЛ | Россия | ГОСТ |
| GS-20 Mn 5 (g 20 Mn 5) | Германия | DIN |
| 35ГЛ | Россия | ГОСТ |
| 150 M 36 | Великобритания | B.S. |
| 36 Mn 5 | Германия | DIN |
| GS-36 Mn 5 (G 36 Mn 5) | Германия | DIN; SEW |
| G 15410 | США | UNS |
| G 13350 (1335) | США | UNS |
| H 13350 | США | UNS |
| 35 M 5 | Франция | AFNOR NF |
| 40 M 5 | Франция | AFNOR NF |
| SMn 438 | Япония | JIS |
| SCMn 3 | Япония | JIS |
| 20ГСЛ | Россия | ГОСТ |
| 20 Mn 5 | Германия | DIN; SEW |
| G 10220 (1022) | США | UNS |
| G 15220 | США | UNS |
| G 15180 (1518) | США | UNS |
| 20 M 5 | Франция | AFNOR NF |
| SMnC 420 | Япония | JIS |
| 30ГСЛ | Россия | ГОСТ |
| 120 M 36 | Великобритания | B.S. |
| 150 M 28 | Великобритания | B.S. |
| A 5 | Великобритания | B.S. |
| A 6 | Великобритания | B.S. |
| 30 Mn 5 | Германия | DIN |
| G 13300 (1330) | США | UNS |
| 1036 | США | AISI/SAE |
| 35 M 5 | Франция | AFNOR NF |
| SMn 433 H | Япония | JIS |
| SCMn 2 | Япония | JIS |
| 110Г13Л | Россия | ГОСТ |
| X 120 Mn 12 | Германия | DIN |
| J 91109 (A 128 A) | США | UNS |
| J 91129 | США | UNS |
| Z 120 M 12 | Франция | AFNOR NF |
| SCMnH 1 | Япония | JIS |
| SCMnH 11 | Япония | JIS |
| 20ХМЛ | Россия | ГОСТ |
| GS-17CrMo55 | Германия | DIN |
| 5 | США | ASTM |
| 18CD2.05-M | Франция | AFNOR NF |
| SCPH 21 | Япония | JIS |
| 20ХМФЛ | Россия | ГОСТ |
| GS-17 CrMoV5 11 | Германия | DIN |
| SCPH23 | Япония | JIS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|------------------------|----------------|-------------------|
| 35ХМЛ | Россия | ГОСТ |
| 708 А 37 | Великобритания | B.S. |
| 34 CrMo 4 | Великобритания | B.S.; EN |
| 34 CrMo 4 | Германия | DIN; EN |
| J 13048 | США | UNS |
| G 41370 (4137) | США | UNS |
| G 41350 (4135) | США | UNS |
| 34 CD 4 | Франция | AFNOR NF |
| 35 CD 4 | Франция | AFNOR NF |
| 34 CrMo 4 | Франция | AFNOR NF; EN |
| SCM 432 | Япония | JIS |
| SCM 435 | Япония | JIS |
| SCCrM 3 | Япония | JIS |
| 34 CrMo 4 | Евронормы | EN |
| 35ХГСЛ | Россия | ГОСТ |
| SCMnCr 3 | Япония | JIS |
| 30ХНМЛ | Россия | ГОСТ |
| 10-А | США | ASTM |
| 30 NCD8-М | Франция | AFNOR NF |
| 110Г13Х2БРЛ | Россия | ГОСТ |
| 1.3401 (X120Mn12) | Германия | DIN |
| 10Х12НДЛ | Россия | ГОСТ |
| G-X 8 CrNi 13 (1.4008) | Германия | DIN |
| J91171 | США | UNS |
| CA 15 М | США | ASTM |
| Z 6 CN 13-02-М | Франция | AFNOR NF |
| Z 6 CN 12-2М | Франция | Фирма "Крезолуар" |
| 06Х12НЗДЛ | Россия | ГОСТ |
| G-X 4 CrNi 13-4 | Германия | DIN |
| Z 4 CND 13-4-М | Франция | AFNOR NF |
| G-X 4 CrNi 13-4 | Евронормы | EN |
| 15Х13Л | Россия | ГОСТ |
| (G)-X10Cr13 (1.4006) | Германия | DIN |
| J91201 | США | UNS |
| Z12C13-М | Франция | AFNOR NF |
| SCS1 | Япония | JIS |
| 20Х13Л | Россия | ГОСТ |
| 420 С 24 | Великобритания | B.S. |
| 420 С 29 | Великобритания | B.S. |
| GX 20 Cr 14 | Германия | DIN |
| Z 20 С 13 М | Франция | AFNOR NF |
| SCS 2 | Япония | JIS |
| 08Х14НДЛ | Россия | ГОСТ |
| 410 S 21 | Великобритания | B.S. |
| X 12 Cr 13 | Германия | DIN |
| ZG15Cr13 | Китай | GB |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|---|--|--|
| 08X14НДЛ | Россия | ГОСТ |
| J 91171 Z 10 C 13 F SUS 410 X12Cr13KD | США Франция Япония Евроноормы | UNS AFNOR NF JIS EN |
| 06X14Н5ДМФЛ | Россия | ГОСТ |
| G-X 5 CrNi 13-4 (1.4313) CA 6 NM Z 3 CN 13-4-M G-X 3 CrNiMo 13-4 | Германия США Франция Евроноормы | DIN ASTM AFNOR NF EN |
| 08X15Н4ДМЛ | Россия | ГОСТ |
| G-X4CrNiCuNb 16 4 J 92180 | Германия США | DIN UNS |
| 10X18Н9Л | Россия | ГОСТ |
| 302 C 25 G-X 10 CrNi 18 8 ZG1Cr18Ni9 J 92701 Z 10 CN 18.9 M SCS 12 | Великобритания Германия Китай США Франция Япония | B.S. DIN GB UNS AFNOR NF JIS |
| 10X18Н9ТЛ | Россия | ГОСТ |
| G-X 10 CrNiTi 18-9 J 92630 | Германия США | DIN UNS |
| 12X18Н9ТЛ | Россия | ГОСТ |
| G-X 10 CrNiTi 18-9 J 92630 | Германия США | DIN UNS |
| 12X18Н12МЗТЛ | Россия | ГОСТ |
| G-X5 CrNiMoNb 18-10 J 92271 SCS20 | Германия США Япония | DIN UNS JIS |
| 40X24Н12СЛ (ЭИ 316Л) | Россия | ГОСТ |
| 309 C 30 GX 40 CrNiSi 25-12 J 93503 SCS 17 | Великобритания Германия США Япония | B.S. DIN UNS JIS |
| ХН32Т (ЭП 670) | Россия | ГОСТ |
| X 10 NiCrAlTi 32-21 X 8 NiCrAlTi 32-21 NS 111 B 515 N 08800 Z 10 NC 32-21 NCF 17 335 X10NiCrAlTi32-21 | Великобритания Германия Китай США США Франция Япония Чехия/Словакия Евроноормы | B.S. DIN GB ASTM UNS AFNOR NF JIS CSN EN |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|--|--|--|
| ХН65МВУ (ЭП 760) | Россия | ГОСТ |
| Nicrofer 5923LMo Хастеллой С-276 | Германия США | DIN AISI/SAE |
| Х15Н60-Н | Россия | ГОСТ |
| NiCr 60 15 Nichrome | Германия США | DIN ASTM |
| Х20Н80-Н | Россия | ГОСТ |
| NiCr 80 20 Nichrome V | Германия США | DIN AMS |
| НП2 | Россия | ГОСТ |
| Ni 99,6 | Германия | DIN |
| АД00 | Россия | ГОСТ |
| Al 99,7 AA 1170 AA 1075 1070 | Германия США США Япония | DIN ANSI ANSI JIS |
| АД0 | Россия | ГОСТ |
| AL 99,5 AA1050 AA1055 AA1060 AA1250 AA1350 1050 | Германия США США США США США Япония | DIN ANSI ANSI ANSI ANSI ANSI JIS |
| АД1 | Россия | ГОСТ |
| AA1030 AA1035 AA1040 AA1045 AA1135 AA1145 AA1230 AA1235 AA1335 AA1345 | США США США США США США США США США США | ANSI ANSI ANSI ANSI ANSI ANSI ANSI ANSI ANSI ANSI |
| АМц | Россия | ГОСТ |
| Al Mn AA 3003 3003 | Германия США Япония | DIN ANSI JIS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|-------------|----------|------|
| AMr2 | Россия | ГОСТ |
| AlMg2 | Германия | DIN |
| AA5052 | США | ANSI |
| AA5252 | США | ANSI |
| AA5352 | США | ANSI |
| AA5652 | США | ANSI |
| AA5151 | США | ANSI |
| AMr2 | Россия | ГОСТ |
| AA5351 | США | ANSI |
| AA5454 | США | ANSI |
| 5052 | Япония | JIS |
| 5652 | Япония | JIS |
| 5454 | Япония | JIS |
| AMr3 | Россия | ГОСТ |
| AlMg3 | Германия | DIN |
| AA5154 | США | ANSI |
| AA5254 | США | ANSI |
| AA5654 | США | ANSI |
| 5154 | Япония | JIS |
| 5254 | Япония | JIS |
| AMr5 | Россия | ГОСТ |
| AlMg5 | Германия | DIN |
| AA5056 | США | ANSI |
| 5056 | Япония | JIS |
| AMr6 | Россия | ГОСТ |
| A 95556 | США | ANSI |
| AB | Россия | ГОСТ |
| AA6009 | США | ANSI |
| AA6010 | США | ANSI |
| AA6070 | США | ANSI |
| AA6073 | США | ANSI |
| AA6110 | США | ANSI |
| AA6151 | США | ANSI |
| 6151 | Япония | JIS |
| M1 | Россия | ГОСТ |
| ECu57 | Германия | DIN |
| ECu58 | Германия | DIN |
| C11000 | США | ASTM |
| C1100 | Япония | JIS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|-------------------------------------|----------|------|
| М2 | Россия | ГОСТ |
| C12500 | США | ASTM |
| М3 | Россия | ГОСТ |
| C1221 | Япония | JIS |
| ЛО62-1 | Россия | ГОСТ |
| CuZn38Sn1 | Германия | DIN |
| ECu57 | Германия | DIN |
| C46400 | США | ASTM |
| C4621 | Япония | JIS |
| C4640 | Япония | JIS |
| ЛО-Мш70-1-0,05 | Россия | ГОСТ |
| CuZn28Sn1 (2.0470) | Германия | DIN |
| C 44300 | США | ASTM |
| C 4430 | Япония | JIS |
| Л68 | Россия | ГОСТ |
| CuZn33Sn1 (2.0280) | Германия | DIN |
| C 26800 | США | ASTM |
| C 2680 | Япония | JIS |
| ЛС59-1 | Россия | ГОСТ |
| CuZn40Pb2 (2.0402) | Германия | DIN |
| C 38000 | США | ASTM |
| ЛАМш77-2-0,05 | Россия | ГОСТ |
| CUzN20Al2(2 0460) | Германия | DIN |
| C68700 | США | ASTM |
| 6870 | Япония | JIS |
| ЛЦ23А6ЖЗМц2 (ЛАЖМц 66-6-3-2) | Россия | ГОСТ |
| C 86200 | США | ASTM |
| C 86300 | США | ASTM |
| H5 102 / class 3 | Япония | JIS |
| H5 102 / class 4 | Япония | JIS |
| МНЖ5-1 (CuNi5Fe1Mn) | Россия | ГОСТ |
| C70400 | США | ASTM |
| МНЖМц30-1-1 | Россия | ГОСТ |
| CuNi30Mn1Fe (2.0882) | Германия | DIN |
| C 71500 | США | ASTM |
| C 71150 | Япония | JIS |

Продолжение таблицы

| Марка | Страна | НД |
|--|----------------|------------|
| НМЖМц28-2,5-1,5 (монель) | Россия | ГОСТ |
| NA 13 | Великобритания | B.S. |
| LC-Ni-Cr 30 Fe | Германия | DIN |
| D 366 | США | ASTM |
| NW4402 | Япония | JIS |
| БрА10ЖЗМц2 (БрАЖМц 10-3-1,5) | Россия | ГОСТ |
| CuAl10Fe3Mn2 (2.0936) | Германия | DIN |
| БрБ2 | Россия | ГОСТ |
| CuBe2 (2.1447) | Германия | DIN |
| C 17200 | США | ASTM |
| C 1720 | Япония | JIS |
| БрО5Ц5С5 (БрОЦС 5-5-5) | Россия | ГОСТ |
| R 5 (2.1447) | Германия | DIN |
| C 83800 | США | ASTM |
| H 5111 / class 6,6C | Япония | JIS |
| BT1-0 | Россия | ГОСТ |
| CP, TS-390-540 MPa | Великобритания | B.S. |
| Ti2 | Германия | DIN |
| Ti2 | Германия | WL |
| Grade 2 | США | UNS; AISI |
| Ti-P.02 | Франция | AESMA |
| Cl 2 | Япония | JIS |
| BT1-00 | Россия | ГОСТ |
| 3.7024 | Германия | DIN |
| 3.7025 | Германия | DIN |
| Grade 1 | США | ASTM |
| CP, YS=25ksi (172,5 Н/мм ²) | США | AMS |
| BT5-1 | Россия | ГОСТ |
| IMI 317 | Великобритания | IMI prosp. |
| TiAl5Sn2,5 | Германия | DIN |
| Grade 6 | США | ASTM |
| Ti-P.65 | Франция | AESMA |
| SAT-525 | Япония | Prospect |
| H-1 (Zr+1%Nb, Э 110, Э 110 о.ч.), H-2,5 (Zr+2,5%Nb, Э 125), Э 635 | Россия | ГОСТ |
| ZIRCALOY | США | ASTM |
| M4,M5 | Франция | AFNOR NF |
| SCANUK | Швеция | SS |
| NDA | Япония | JIS |
| MBA | Япония | JIS |

11. ТАБЛИЦА ОДНОТИПНЫХ СТАНДАРТОВ РАЗЛИЧНЫХ СТРАН

| Действующие в России стандарты | Наименование стандарта | Международные нормы | | | | | |
|--------------------------------|--|---------------------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|--|
| | | Евро-нормы | Германия | Велико-британия | Франция | Япония | США |
| ГОСТ | | EN, EU | DIN, SEW | B.S. | AFNOR NF | JIS | UNS, ASTM, SAE/AISI |
| 380-94 | Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. | EU 30 | D 17100 | 4360 | 35-501 | G 3101 G 3106 | A 570 |
| 1050-88 | Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия. | EU 83 | D 1614I2 D 1652 D 17210 | 970-1 | 35-551 35-552 35-553 | G 3131 | A 621 A 622 S 1010 S 1035 S 1045 |
| 14959-79 | Прокат из рессорно-пружинной углеродистой легированной стали. Технические условия. | EU 89 | D 17221 | 970-2 | 35-571 | G 4801 | S 9260 S 9261 |
| 801-78 | Сталь подшипниковая. Технические условия. | EU 94 | D 17230 | 970-83 | 35-565 | | |
| 1435-99 | Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали. Общие технические условия. | EU 96 | D 14350 D 17350 | 1407 4659 | 35-590 | G 4401 G 4405 | A 686 S J438 b |
| 5950-2000 | Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия. | EU 96 | D 17350 | 224/5 4659 | 35-590 | G 4402 G 4404 G 4407 | S J438 b |

Продолжение таблицы

| Действующие в России стандарты | Наименование стандарта | Международные нормы | | | | | |
|--------------------------------|--|----------------------------|--|--|--|----------------------------|--|
| | | Евро-нормы | Германия | Велико-британия | Франция | Япония | США |
| ГОСТ | | EN, EU | DIN, SEW | B.S. | AFNOR NF | JIS | UNS, ASTM, SAE/AISI |
| 19265-73 | Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия. | EU 96 | D 17350 | 4659 | 35-590 | G 4401 G 4402 G 4403 | S J438 b |
| 4543-71 | Сталь легированная конструкционная. Технические условия. | EN 10083 EU 87-70 | D 17200 D 17210 W 550 W 555 | 970-1 970-83 | 35-551 35-552 | G 4102 G 4105 | S 4130 S 4615 |
| 5632-72 | Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки и технические требования. | EN 10088 EU 90 EU 95 | D 17145 D 17240 D 17480 W 470 | 970/1 970/4-70 1502-82 1506-90 1554-81 2901/5 | 35-558 35-574 35-578 35-579 54-301 | G 4301 G 4302 | U S 20100 U S 30100 U S 31000 U S 31400 U S 43100 |
| 977-88 | Отливки стальные. Общие технические условия. | | | | | | |
| | Литейные конструкционные нелегированные стали. | | D 1681 D 17245 | | 32-053 32-60 32-61 | G 5101 G 5111 G 5151 | A 27 M A 216 M A 352 M A 356 M A 732 A 732 M A 757 M |
| | Литейные конструкционные легированные стали. | | D 17182 D 17245 | | 32-051 32-054 | G 5111 G 5151 | A 216 M A 352 M A 356 M A 389 M A 487 M A 732 M |
| | Коррозионно-стойкие литейные стали. | EN 10.213.2 EN 10.213.3 | D 17445 W 515 W 520 W 685 | 3100 3146/2 | 32-053 32-059 35-586 | G 5121 G 5122 | A 352 A 356 A 487 A 487 M A 743 A 757 |
| | Литейные износостойкие стали. | | | | 35-554(8) | G 5131 | A 128 |

Принятые сокращения: DIN – D, SEW – W, UNS – U, SAE/AISI – S, ASTM – A

12. ПЕРЕВОД ТВЕРДОСТИ ПО БРИНЕЛЛЮ, РОКВЕЛЛУ, ВИККЕРСУ И ШОРУ [1]

| d ₁₀ , мм | По Бринеллю HB | По Роквеллу | | | По Виккерсу HV | По Шору HSD |
|----------------------|-------------------|-------------|------|-----|-------------------|----------------|
| | | HRA | HRC | HRB | | |
| 2,30 | 712 | 85,1 | 66,4 | | 1016 | 98,3 |
| 2,31 | 706 | 84,9 | 66,0 | | 999 | 97,8 |
| 2,32 | 700 | 84,7 | 65,7 | | 983 | 97,4 |
| 2,33 | 694 | 84,5 | 65,3 | | 967 | 96,9 |
| 2,34 | 688 | 84,3 | 65,0 | | 951 | 96,3 |
| 2,35 | 682 | 84,1 | 64,6 | | 936 | 95,8 |
| 2,36 | 676 | 83,9 | 64,3 | | 922 | 95,3 |
| 2,37 | 670 | 83,6 | 63,9 | | 907 | 94,7 |
| 2,38 | 665 | 83,4 | 63,6 | | 893 | 94,1 |
| 2,39 | 659 | 83,2 | 63,2 | | 880 | 93,5 |
| 2,40 | 653 | 83,0 | 62,9 | | 866 | 92,9 |
| 2,41 | 648 | 82,8 | 62,5 | | 853 | 92,3 |
| 2,42 | 643 | 82,6 | 62,1 | | 841 | 91,7 |
| 2,43 | 637 | 82,4 | 61,8 | | 828 | 91,1 |
| 2,44 | 632 | 82,2 | 61,4 | | 816 | 90,4 |
| 2,45 | 627 | 82,0 | 61,1 | | 804 | 89,8 |
| 2,46 | 621 | 81,8 | 60,7 | | 793 | 89,1 |
| 2,47 | 616 | 81,6 | 60,4 | | 782 | 88,5 |
| 2,48 | 611 | 81,4 | 60,0 | | 771 | 87,8 |
| 2,49 | 606 | 81,3 | 59,7 | | 760 | 87,2 |
| 2,50 | 601 | 81,1 | 59,3 | | 750 | 86,5 |
| 2,51 | 597 | 80,9 | 59,0 | | 739 | 85,9 |
| 2,52 | 592 | 80,7 | 58,6 | | 730 | 85,2 |
| 2,53 | 587 | 80,5 | 58,3 | | 720 | 84,5 |
| 2,54 | 582 | 80,3 | 57,9 | | 710 | 83,9 |
| 2,55 | 578 | 80,1 | 57,6 | | 701 | 83,2 |
| 2,56 | 573 | 79,9 | 57,2 | | 692 | 82,6 |
| 2,57 | 569 | 79,7 | 56,9 | | 683 | 81,9 |
| 2,58 | 564 | 79,6 | 56,5 | | 675 | 81,3 |
| 2,59 | 560 | 79,4 | 56,2 | | 666 | 80,6 |
| 2,60 | 555 | 79,2 | 55,8 | | 658 | 80,0 |
| 2,61 | 551 | 79,0 | 55,5 | | 650 | 79,3 |
| 2,62 | 547 | 78,8 | 55,1 | | 643 | 78,7 |
| 2,63 | 542 | 78,6 | 54,8 | | 635 | 78,0 |
| 2,64 | 538 | 78,5 | 54,5 | | 627 | 77,4 |
| 2,65 | 534 | 78,3 | 54,1 | | 620 | 76,8 |
| 2,66 | 530 | 78,1 | 53,8 | | 613 | 76,2 |
| 2,67 | 526 | 77,9 | 53,5 | | 606 | 75,6 |
| 2,68 | 522 | 77,7 | 53,1 | | 599 | 74,9 |

Продолжение таблицы

| d ₁₀ , мм | По Бринеллю HB | По Роквеллу | | | По Виккерсу HV | По Шору HSD |
|----------------------|-------------------|-------------|------|-----|-------------------|----------------|
| | | HRA | HRC | HRB | | |
| 2,69 | 518 | 77,6 | 52,8 | | 593 | 74,3 |
| 2,70 | 514 | 77,4 | 52,5 | | 586 | 73,7 |
| 2,71 | 510 | 77,2 | 52,2 | | 580 | 73,2 |
| 2,72 | 506 | 77,0 | 51,8 | | 574 | 72,6 |
| 2,73 | 503 | 76,9 | 51,5 | | 568 | 72,0 |
| 2,74 | 499 | 76,7 | 51,2 | | 562 | 71,4 |
| 2,75 | 495 | 76,5 | 50,9 | | 556 | 70,9 |
| 2,76 | 492 | 76,4 | 50,6 | | 550 | 70,3 |
| 2,77 | 488 | 76,2 | 50,3 | | 544 | 69,8 |
| 2,78 | 484 | 76,0 | 50,0 | | 539 | 69,2 |
| 2,79 | 481 | 75,8 | 49,7 | | 534 | 68,7 |
| 2,80 | 477 | 75,7 | 49,4 | | 528 | 68,1 |
| 2,81 | 474 | 75,5 | 49,1 | | 523 | 67,6 |
| 2,82 | 470 | 75,4 | 48,8 | | 518 | 67,1 |
| 2,83 | 467 | 75,2 | 48,5 | | 513 | 66,6 |
| 2,84 | 464 | 75,0 | 48,2 | | 508 | 66,1 |
| 2,85 | 460 | 74,9 | 47,9 | | 504 | 65,6 |
| 2,86 | 457 | 74,7 | 47,6 | | 499 | 65,1 |
| 2,87 | 454 | 74,6 | 47,3 | | 494 | 64,6 |
| 2,88 | 451 | 74,4 | 47,0 | | 490 | 64,1 |
| 2,89 | 447 | 74,2 | 46,8 | | 485 | 63,7 |
| 2,90 | 444 | 74,1 | 46,5 | | 481 | 63,2 |
| 2,91 | 441 | 73,9 | 46,2 | | 477 | 62,7 |
| 2,92 | 438 | 73,8 | 45,9 | | 473 | 62,3 |
| 2,93 | 435 | 73,6 | 45,7 | | 468 | 61,8 |
| 2,94 | 432 | 73,5 | 45,4 | | 464 | 61,4 |
| 2,95 | 429 | 73,3 | 45,1 | | 460 | 61,0 |
| 2,96 | 426 | 73,2 | 44,9 | | 456 | 60,5 |
| 2,97 | 423 | 73,0 | 44,6 | | 453 | 60,1 |
| 2,98 | 420 | 72,9 | 44,4 | | 449 | 59,7 |
| 2,99 | 417 | 72,7 | 44,1 | | 445 | 59,3 |
| 3,00 | 415 | 72,6 | 43,8 | | 441 | 58,9 |
| 3,01 | 412 | 72,4 | 43,6 | | 438 | 58,5 |
| 3,02 | 409 | 72,3 | 43,3 | | 434 | 58,1 |
| 3,03 | 406 | 72,2 | 43,1 | | 431 | 57,7 |
| 3,04 | 403 | 72,0 | 42,9 | | 427 | 57,3 |
| 3,05 | 401 | 71,9 | 42,6 | | 424 | 56,9 |
| 3,06 | 398 | 71,8 | 42,4 | | 420 | 56,5 |
| 3,07 | 395 | 71,6 | 42,1 | | 417 | 56,2 |
| 3,08 | 393 | 71,5 | 41,9 | | 414 | 56,8 |
| 3,09 | 390 | 71,3 | 41,7 | | 411 | 55,4 |

Продолжение таблицы

| d ₁₀ , мм | По Бринеллю HB | По Роквеллу | | | По Виккерсу HV | По Шору HSD |
|----------------------|-------------------|-------------|------|-----|-------------------|----------------|
| | | HRA | HRC | HRB | | |
| 3,10 | 388 | 71,2 | 41,4 | | 408 | 55,1 |
| 3,11 | 385 | 71,1 | 41,2 | | 404 | 54,7 |
| 3,12 | 383 | 71,0 | 40,9 | | 401 | 54,4 |
| 3,13 | 380 | 70,8 | 40,7 | | 398 | 54,0 |
| 3,14 | 378 | 70,7 | 40,5 | | 395 | 53,7 |
| 3,15 | 375 | 70,6 | 40,3 | | 392 | 53,3 |
| 3,16 | 373 | 70,4 | 40,0 | | 389 | 53,0 |
| 3,17 | 370 | 70,3 | 39,8 | | 386 | 52,7 |
| 3,18 | 368 | 70,2 | 39,6 | | 384 | 52,3 |
| 3,19 | 366 | 70,1 | 39,3 | | 381 | 52,0 |
| 3,20 | 363 | 70,0 | 39,1 | | 378 | 51,7 |
| 3,21 | 361 | 69,8 | 38,9 | | 375 | 51,4 |
| 3,22 | 359 | 69,7 | 38,7 | | 372 | 51,1 |
| 3,23 | 356 | 69,6 | 38,5 | | 370 | 50,8 |
| 3,24 | 354 | 69,5 | 38,2 | | 367 | 50,4 |
| 3,25 | 352 | 69,4 | 38,0 | | 364 | 50,1 |
| 3,26 | 350 | 69,2 | 37,8 | | 362 | 49,8 |
| 3,27 | 347 | 69,1 | 37,6 | | 359 | 49,5 |
| 3,28 | 345 | 69,0 | 37,4 | | 357 | 49,2 |
| 3,29 | 343 | 68,9 | 37,1 | | 354 | 48,9 |
| 3,30 | 341 | 68,8 | 36,9 | | 352 | 48,6 |
| 3,31 | 339 | 68,7 | 36,7 | | 349 | 48,4 |
| 3,32 | 337 | 68,6 | 36,5 | | 347 | 48,1 |
| 3,33 | 335 | 68,5 | 36,3 | | 344 | 47,8 |
| 3,34 | 333 | 68,4 | 36,0 | | 342 | 47,5 |
| 3,35 | 331 | 68,2 | 35,8 | | 340 | 47,2 |
| 3,36 | 329 | 68,1 | 35,6 | | 337 | 46,9 |
| 3,37 | 327 | 68,0 | 35,4 | | 335 | 46,6 |
| 3,38 | 325 | 67,9 | 35,2 | | 333 | 46,4 |
| 3,39 | 323 | 67,8 | 34,9 | | 331 | 46,1 |
| 3,40 | 321 | 67,7 | 34,7 | | 328 | 45,8 |
| 3,41 | 319 | 67,6 | 34,5 | | 326 | 45,5 |
| 3,42 | 317 | 67,5 | 34,3 | | 324 | 45,3 |
| 3,43 | 315 | 67,4 | 34,1 | | 322 | 45,0 |
| 3,44 | 313 | 67,3 | 33,8 | | 320 | 44,7 |
| 3,45 | 311 | 67,2 | 33,6 | | 317 | 44,5 |
| 3,46 | 309 | 67,1 | 33,4 | | 315 | 44,2 |
| 3,47 | 307 | 67,0 | 33,2 | | 313 | 44,0 |
| 3,48 | 306 | 66,9 | 33,0 | | 311 | 43,7 |
| 3,49 | 304 | 66,8 | 32,7 | | 309 | 43,4 |
| 3,50 | 302 | 66,7 | 32,5 | | 307 | 43,2 |

Продолжение таблицы

| d ₁₀ , мм | По Бринеллю HB | По Роквеллу | | | По Виккерсу HV | По Шору HSD |
|----------------------|-------------------|-------------|------|-------|-------------------|----------------|
| | | HRA | HRC | HRB | | |
| 3,51 | 300 | 66,6 | 32,3 | | 305 | 42,9 |
| 3,52 | 298 | 66,5 | 32,1 | | 303 | 42,7 |
| 3,53 | 297 | 66,4 | 31,9 | | 301 | 42,4 |
| 3,54 | 295 | 66,3 | 31,6 | | 299 | 42,2 |
| 3,55 | 293 | 66,2 | 31,4 | | 298 | 41,9 |
| 3,56 | 292 | 66,1 | 31,2 | | 296 | 41,7 |
| 3,57 | 290 | 66,0 | 31,0 | | 294 | 41,4 |
| 3,58 | 288 | 65,9 | 30,8 | | 292 | 41,2 |
| 3,59 | 287 | 65,8 | 30,5 | | 290 | 40,9 |
| 3,60 | 285 | 65,7 | 30,3 | | 288 | 40,7 |
| 3,61 | 283 | 65,6 | 30,1 | | 286 | 40,5 |
| 3,62 | 282 | 65,5 | 29,9 | | 285 | 40,2 |
| 3,63 | 280 | 65,5 | 29,7 | | 283 | 40,0 |
| 3,64 | 278 | 65,4 | 29,4 | | 281 | 39,7 |
| 3,65 | 277 | 65,3 | 29,2 | | 280 | 39,5 |
| 3,66 | 275 | 65,2 | 29,0 | | 278 | 39,3 |
| 3,67 | 274 | 65,1 | 28,8 | | 276 | 39,1 |
| 3,68 | 272 | 65,0 | 28,6 | | 274 | 38,8 |
| 3,69 | 271 | 64,9 | 28,3 | | 273 | 38,6 |
| 3,70 | 269 | 64,8 | 28,1 | | 271 | 38,4 |
| 3,71 | 268 | 64,7 | 27,9 | | 270 | 38,1 |
| 3,72 | 266 | 64,6 | 27,7 | | 268 | 37,9 |
| 3,73 | 265 | 64,5 | 27,5 | | 266 | 37,7 |
| 3,74 | 263 | 64,4 | 27,3 | | 265 | 37,5 |
| 3,75 | 262 | 64,3 | 27,1 | | 263 | 37,3 |
| 3,76 | 260 | 64,2 | 26,8 | | 262 | 37,1 |
| 3,77 | 259 | 64,1 | 26,6 | | 260 | 36,8 |
| 3,78 | 257 | 64,0 | 26,4 | | 259 | 36,6 |
| 3,79 | 256 | 63,9 | 26,2 | | 257 | 36,4 |
| 3,80 | 255 | 63,8 | 26,0 | | 256 | 36,2 |
| 3,81 | 253 | 63,7 | 25,8 | | 254 | 36,0 |
| 3,82 | 252 | 63,6 | 25,6 | | 253 | 35,8 |
| 3,83 | 251 | 63,5 | 25,4 | | 251 | 35,6 |
| 3,84 | 249 | 63,4 | 25,2 | | 250 | 35,4 |
| 3,85 | 248 | 63,3 | 25,0 | | 249 | 35,2 |
| 3,86 | 246 | 63,2 | 24,8 | | 247 | 35,0 |
| 3,87 | 245 | 63,1 | 24,6 | | 246 | 34,8 |
| 3,88 | 244 | 63,0 | 24,4 | 100,0 | 244 | 34,6 |
| 3,89 | 243 | 62,9 | 24,2 | 99,9 | 243 | 34,4 |
| 3,90 | 241 | 62,8 | 24,0 | 99,8 | 242 | 34,2 |

Продолжение таблицы

| d ₁₀ , мм | По Бринеллю HB | По Роквеллу | | | По Виккерсу HV | По Шору HSD |
|----------------------|-------------------|-------------|------|------|-------------------|----------------|
| | | HRA | HRC | HRB | | |
| 3,91 | 240 | 62,7 | 23,8 | 99,6 | 240 | 34,1 |
| 3,92 | 239 | 62,6 | 23,6 | 99,5 | 239 | 33,9 |
| 3,93 | 237 | 62,5 | 23,4 | 99,3 | 238 | 33,7 |
| 3,94 | 236 | 62,4 | 23,2 | 99,2 | 237 | 33,5 |
| 3,95 | 235 | 62,3 | 23,0 | 99,0 | 235 | 33,3 |
| 3,96 | 234 | 62,2 | 22,8 | 98,9 | 234 | 33,1 |
| 3,97 | 232 | 62,1 | 22,6 | 98,7 | 233 | 33,0 |
| 3,98 | 231 | 62,0 | 22,4 | 98,6 | 231 | 32,8 |
| 3,99 | 230 | 61,9 | 22,2 | 98,4 | 230 | 32,6 |
| 4,00 | 229 | 61,8 | 22,0 | 98,2 | 229 | 32,5 |
| 4,01 | 228 | 61,7 | 21,8 | 98,1 | 228 | 32,3 |
| 4,02 | 226 | 61,6 | 21,6 | 97,9 | 227 | 32,1 |
| 4,03 | 225 | 61,5 | 21,5 | 97,7 | 225 | 32,0 |
| 4,04 | 224 | 61,4 | 21,3 | 97,6 | 224 | 31,8 |
| 4,05 | 223 | 61,3 | 21,1 | 97,4 | 223 | 31,6 |
| 4,06 | 222 | 61,1 | 20,9 | 97,2 | 222 | 31,5 |
| 4,07 | 221 | 61,0 | 20,7 | 97,0 | 221 | 31,3 |
| 4,08 | 219 | 60,9 | 20,5 | 96,9 | 219 | 31,2 |
| 4,09 | 218 | 60,8 | 20,3 | 96,7 | 218 | 31,0 |
| 4,10 | 217 | 60,7 | 20,1 | 96,5 | 217 | 30,9 |
| 4,11 | 216 | 60,6 | 19,9 | 96,3 | 216 | 30,7 |
| 4,12 | 215 | 60,5 | 19,7 | 96,1 | 215 | 30,6 |
| 4,13 | 214 | 60,4 | 19,5 | 95,9 | 214 | 30,4 |
| 4,14 | 213 | 60,3 | 19,2 | 95,7 | 213 | 30,3 |
| 4,15 | 212 | 60,1 | 19,0 | 95,5 | 212 | 30,1 |
| 4,16 | 211 | 60,0 | 18,8 | 95,4 | 211 | 30,0 |
| 4,17 | 210 | 59,9 | 18,6 | 95,2 | 209 | 29,8 |
| 4,18 | 209 | 59,8 | 18,3 | 95,0 | 208 | 29,7 |
| 4,19 | 208 | 59,7 | 18,1 | 94,8 | 207 | 29,6 |
| 4,20 | 206 | 59,6 | 17,9 | 94,6 | 206 | 29,4 |
| 4,21 | 205 | 59,4 | | 94,4 | 205 | 29,3 |
| 4,22 | 204 | 59,3 | | 94,2 | 204 | 29,2 |
| 4,23 | 203 | 59,2 | | 94,0 | 203 | 29,0 |
| 4,24 | 202 | 59,1 | | 93,8 | 202 | 28,9 |
| 4,25 | 201 | 59,0 | | 93,6 | 201 | 28,8 |
| 4,26 | 200 | 58,8 | | 93,4 | 200 | 28,6 |
| 4,27 | 199 | 58,7 | | 93,2 | 199 | 28,5 |
| 4,28 | 198 | 58,6 | | 93,0 | 198 | 28,4 |
| 4,29 | 197 | 58,5 | | 92,8 | 197 | 28,3 |
| 4,30 | 197 | 58,4 | | 92,6 | 196 | 28,1 |
| 4,31 | 196 | 58,2 | | 92,4 | 195 | 28,0 |

Продолжение таблицы

| d ₁₀ , мм | По Бринеллю HB | По Роквеллу | | | По Виккерсу HV | По Шору HSD |
|----------------------|-------------------|-------------|-----|------|-------------------|----------------|
| | | HRA | HRC | HRB | | |
| 4,32 | 195 | 58,1 | | 92,2 | 194 | 27,9 |
| 4,33 | 194 | 58,0 | | 92,0 | 193 | 27,8 |
| 4,34 | 193 | 57,9 | | 91,8 | 192 | 27,6 |
| 4,35 | 192 | 57,7 | | 91,6 | 191 | 27,5 |
| 4,36 | 191 | 57,6 | | 91,3 | 190 | 27,4 |
| 4,37 | 190 | 57,5 | | 91,1 | 189 | 27,3 |
| 4,38 | 189 | 57,4 | | 90,9 | 188 | 27,2 |
| 4,39 | 188 | 57,2 | | 90,7 | 187 | 27,0 |
| 4,40 | 187 | 57,1 | | 90,5 | 186 | 26,9 |
| 4,41 | 186 | 57,0 | | 90,3 | 185 | 26,8 |
| 4,42 | 185 | 56,9 | | 90,1 | 184 | 26,7 |
| 4,43 | 185 | 56,8 | | 89,9 | 183 | 26,6 |
| 4,44 | 184 | 56,6 | | 89,7 | 183 | 26,4 |
| 4,45 | 183 | 56,5 | | 89,5 | 182 | 26,3 |
| 4,46 | 182 | 56,4 | | 89,3 | 181 | 26,2 |
| 4,47 | 181 | 56,3 | | 89,1 | 180 | 26,1 |
| 4,48 | 180 | 56,1 | | 88,8 | 179 | 26,0 |
| 4,49 | 179 | 56,0 | | 88,6 | 178 | 25,8 |
| 4,50 | 179 | 55,9 | | 88,4 | 177 | 25,7 |
| 4,51 | 178 | 55,8 | | 88,2 | 176 | 25,6 |
| 4,52 | 177 | 55,6 | | 88,0 | 175 | 25,5 |
| 4,53 | 176 | 55,5 | | 87,8 | 175 | 25,3 |
| 4,54 | 175 | 55,4 | | 87,6 | 174 | 25,2 |
| 4,55 | 174 | 55,3 | | 87,4 | 173 | 25,1 |
| 4,56 | 174 | 55,1 | | 87,1 | 172 | 25,0 |
| 4,57 | 173 | 55,0 | | 86,9 | 171 | 24,9 |
| 4,58 | 172 | 54,9 | | 86,7 | 171 | 24,7 |
| 4,59 | 171 | 54,8 | | 86,5 | 170 | 24,6 |
| 4,60 | 170 | 54,6 | | 86,3 | 169 | 24,5 |
| 4,61 | 170 | 54,5 | | 86,1 | 168 | 24,4 |
| 4,62 | 169 | 54,4 | | 85,9 | 167 | 24,2 |
| 4,63 | 168 | 54,3 | | 85,6 | 167 | 24,1 |
| 4,64 | 167 | 54,1 | | 85,4 | 166 | 24,0 |
| 4,65 | 167 | 54,0 | | 85,2 | 165 | 23,9 |
| 4,66 | 166 | 53,9 | | 85,0 | 164 | 23,7 |
| 4,67 | 165 | 53,8 | | 84,8 | 164 | 23,6 |
| 4,68 | 164 | 53,6 | | 84,6 | 163 | 23,5 |
| 4,69 | 164 | 53,5 | | 84,3 | 162 | 23,4 |
| 4,70 | 163 | 53,4 | | 84,1 | 162 | 23,2 |
| 4,71 | 162 | 53,3 | | 83,9 | 161 | 23,1 |
| 4,72 | 161 | 53,2 | | 83,7 | 160 | 23,0 |

Продолжение таблицы

| d ₁₀ , мм | По Бринеллю HB | По Роквеллу | | | По Виккерсу HV | По Шору HSD |
|----------------------|-------------------|-------------|-----|------|-------------------|----------------|
| | | HRA | HRC | HRB | | |
| 4,73 | 161 | 53,0 | | 83,5 | 160 | 22,9 |
| 4,74 | 160 | 52,9 | | 83,2 | 159 | 22,7 |
| 4,75 | 159 | 52,8 | | 83,0 | 158 | 22,6 |
| 4,76 | 158 | 52,7 | | 82,8 | 158 | 22,5 |
| 4,77 | 158 | 52,6 | | 82,6 | 157 | 22,4 |
| 4,78 | 157 | 52,4 | | 82,4 | 156 | 22,3 |
| 4,79 | 156 | 52,3 | | 82,1 | 156 | 22,1 |
| 4,80 | 156 | 52,2 | | 81,9 | 155 | 22,0 |
| 4,81 | 155 | 52,1 | | 81,7 | 154 | 21,9 |
| 4,82 | 154 | 52,0 | | 81,5 | 154 | 21,8 |
| 4,83 | 154 | 51,8 | | 81,3 | 153 | 21,7 |
| 4,84 | 153 | 51,7 | | 81,0 | 153 | 21,6 |
| 4,85 | 152 | 51,6 | | 80,8 | 152 | 21,5 |
| 4,86 | 152 | 51,5 | | 80,6 | 151 | 21,4 |
| 4,87 | 151 | 51,3 | | 80,4 | 151 | 21,3 |
| 4,88 | 150 | 51,2 | | 80,1 | 150 | 21,2 |
| 4,89 | 150 | 51,1 | | 79,9 | 150 | 21,1 |
| 4,90 | 149 | 51,0 | | 79,7 | 149 | 21,0 |
| 4,91 | 148 | 50,9 | | 79,5 | 148 | 21,0 |
| 4,92 | 148 | 50,7 | | 79,2 | 148 | 20,9 |
| 4,93 | 147 | 50,6 | | 79,0 | 147 | 20,8 |
| 4,94 | 146 | 50,5 | | 78,8 | 146 | 20,8 |
| 4,95 | 146 | 50,4 | | 78,6 | 146 | 20,7 |
| 4,96 | 145 | 50,2 | | 78,3 | 145 | 20,7 |
| 4,97 | 144 | 50,1 | | 78,1 | 144 | 20,7 |
| 4,98 | 144 | 50,0 | | 77,9 | 144 | 20,6 |
| 4,99 | 143 | 49,8 | | 77,6 | 143 | 20,6 |
| 5,00 | 143 | | | 77,4 | 143 | 20,6 |
| 5,01 | 142 | | | 77,2 | 142 | |
| 5,02 | 141 | | | 77,0 | 141 | |
| 5,03 | 141 | | | 76,7 | 141 | |
| 5,04 | 140 | | | 76,5 | 140 | |
| 5,05 | 140 | | | 76,3 | 140 | |
| 5,06 | 139 | | | 76,0 | 139 | |
| 5,07 | 138 | | | 75,8 | 138 | |
| 5,08 | 138 | | | 75,6 | 138 | |
| 5,09 | 137 | | | 75,3 | 137 | |
| 5,10 | 137 | | | 75,1 | 137 | |
| 5,11 | 136 | | | 74,8 | 136 | |
| 5,12 | 136 | | | 74,6 | 136 | |
| 5,13 | 135 | | | 74,4 | 135 | |

Продолжение таблицы

| d ₁₀ , мм | По Бринеллю HB | По Роквеллу | | | По Виккерсу HV | По Шору HSD |
|----------------------|-------------------|-------------|-----|------|-------------------|----------------|
| | | HRA | HRC | HRB | | |
| 5,14 | 134 | | | 74,1 | 134 | |
| 5,15 | 134 | | | 73,9 | 134 | |
| 5,16 | 133 | | | 73,7 | 133 | |
| 5,17 | 133 | | | 73,4 | 133 | |
| 5,18 | 132 | | | 73,2 | 132 | |
| 5,19 | 132 | | | 72,9 | 132 | |
| 5,20 | 131 | | | 72,7 | 131 | |
| 5,21 | 131 | | | 72,4 | 131 | |
| 5,22 | 130 | | | 72,2 | 130 | |
| 5,23 | 129 | | | 72,0 | 129 | |
| 5,24 | 129 | | | 71,7 | 129 | |
| 5,25 | 128 | | | 71,5 | 128 | |
| 5,26 | 128 | | | 71,2 | 128 | |
| 5,27 | 127 | | | 71,0 | 127 | |
| 5,28 | 127 | | | 70,7 | 127 | |
| 5,29 | 126 | | | 70,5 | 126 | |
| 5,30 | 126 | | | 70,2 | 126 | |
| 5,31 | 125 | | | 70,0 | 125 | |
| 5,32 | 125 | | | 69,7 | 125 | |
| 5,33 | 124 | | | 69,5 | 124 | |
| 5,34 | 124 | | | 69,2 | 124 | |
| 5,35 | 123 | | | 69,0 | 123 | |
| 5,36 | 123 | | | 68,7 | 123 | |
| 5,37 | 122 | | | 68,5 | 122 | |
| 5,38 | 122 | | | 68,2 | 122 | |
| 5,39 | 121 | | | 68,0 | 121 | |
| 5,40 | 121 | | | 67,7 | 121 | |
| 5,41 | 120 | | | 67,5 | 120 | |
| 5,42 | 120 | | | 67,2 | 120 | |
| 5,43 | 119 | | | 67,0 | 119 | |
| 5,44 | 119 | | | 66,7 | 119 | |
| 5,45 | 118 | | | 66,4 | 118 | |
| 5,46 | 118 | | | 66,2 | 118 | |
| 5,47 | 117 | | | 65,9 | 117 | |
| 5,48 | 117 | | | 65,7 | 117 | |
| 5,49 | 116 | | | 65,4 | 116 | |
| 5,50 | 116 | | | 65,2 | 116 | |
| 5,51 | 115 | | | 64,9 | 115 | |
| 5,52 | 115 | | | 64,6 | 115 | |
| 5,53 | 115 | | | 64,4 | 115 | |
| 5,54 | 114 | | | 64,1 | 114 | |

Продолжение таблицы

| d ₁₀ , мм | По Бринеллю HB | По Роквеллу | | | По Виккерсу HV | По Шору HSD |
|----------------------|-------------------|-------------|-----|------|-------------------|----------------|
| | | HRA | HRC | HRB | | |
| 5,55 | 114 | | | 63,9 | 114 | |
| 5,56 | 113 | | | 63,6 | 113 | |
| 5,57 | 113 | | | 63,3 | 113 | |
| 5,58 | 112 | | | 63,1 | 112 | |
| 5,59 | 112 | | | 62,8 | 112 | |
| 5,60 | 111 | | | 62,6 | 111 | |
| 5,61 | 111 | | | 62,3 | 111 | |
| 5,62 | 111 | | | 62,0 | 111 | |
| 5,63 | 110 | | | 61,8 | 110 | |
| 5,64 | 110 | | | 61,5 | 110 | |
| 5,65 | 109 | | | 61,2 | 109 | |
| 5,66 | 109 | | | 61,0 | 109 | |
| 5,67 | 108 | | | 60,7 | 108 | |
| 5,68 | 108 | | | 60,5 | 108 | |
| 5,69 | 108 | | | 60,2 | 108 | |
| 5,70 | 107 | | | 59,9 | 107 | |
| 5,71 | 107 | | | 59,7 | 107 | |
| 5,72 | 106 | | | 59,4 | 106 | |
| 5,73 | 106 | | | 59,1 | 106 | |
| 5,74 | 105 | | | 58,9 | 105 | |
| 5,75 | 105 | | | 58,6 | 105 | |
| 5,76 | 105 | | | 58,3 | 105 | |
| 5,77 | 104 | | | 58,1 | 104 | |
| 5,78 | 104 | | | 57,8 | 104 | |
| 5,79 | 103 | | | 57,5 | 103 | |
| 5,80 | 103 | | | 57,3 | 103 | |
| 5,81 | 103 | | | 57,0 | 103 | |
| 5,82 | 102 | | | 56,8 | 102 | |
| 5,83 | 102 | | | 56,5 | 102 | |
| 5,84 | 101 | | | 56,2 | 101 | |
| 5,85 | 101 | | | 56,0 | 101 | |
| 5,86 | 101 | | | 55,7 | 101 | |
| 5,87 | 100 | | | 55,4 | 100 | |
| 5,88 | 100 | | | 55,2 | 100 | |
| 5,89 | 100 | | | 54,9 | 100 | |
| 5,90 | 99 | | | 54,6 | | |
| 5,91 | 99 | | | 54,4 | | |
| 5,92 | 98 | | | 54,1 | | |
| 5,93 | 98 | | | 53,9 | | |
| 5,94 | 98 | | | 53,6 | | |
| 5,95 | 97 | | | 53,3 | | |

Продолжение таблицы

| d ₁₀ , мм | По Бринеллю HB | По Роквеллу | | | По Виккерсу HV | По Шору HSD |
|----------------------|-------------------|-------------|-----|------|-------------------|----------------|
| | | HRA | HRC | HRB | | |
| 5,96 | 97 | | | 53,1 | | |
| 5,97 | 97 | | | 52,8 | | |
| 5,98 | 96 | | | 52,5 | | |
| 5,99 | 96 | | | 52,3 | | |
| 6,00 | 95 | | | 52,0 | | |
| 6,01 | 95 | | | 51,8 | | |
| 6,02 | 95 | | | 51,5 | | |
| 6,03 | 94 | | | 51,2 | | |
| 6,04 | 94 | | | 51,0 | | |
| 6,05 | 94 | | | 50,7 | | |
| 6,06 | 93 | | | 50,5 | | |
| 6,07 | 93 | | | 50,2 | | |
| 6,08 | 93 | | | 50,0 | | |
| 6,09 | 92 | | | 49,7 | | |
| 6,10 | 92 | | | 49,4 | | |
| 6,11 | 92 | | | 49,2 | | |
| 6,12 | 91 | | | 48,9 | | |
| 6,13 | 91 | | | 48,7 | | |
| 6,14 | 91 | | | 48,4 | | |
| 6,15 | 90 | | | 48,2 | | |
| 6,16 | 90 | | | 47,9 | | |
| 6,17 | 90 | | | 47,7 | | |
| 6,18 | 89 | | | 47,4 | | |
| 6,19 | 89 | | | 47,2 | | |
| 6,20 | 89 | | | 46,9 | | |
| 6,21 | 88 | | | 46,7 | | |
| 6,22 | 88 | | | 46,4 | | |
| 6,23 | 88 | | | 46,2 | | |
| 6,24 | 87 | | | 45,9 | | |
| 6,25 | 87 | | | 45,7 | | |
| 6,26 | 87 | | | 45,4 | | |
| 6,27 | 86 | | | 45,2 | | |
| 6,28 | 86 | | | 44,9 | | |
| 6,29 | 86 | | | 44,7 | | |
| 6,30 | 85 | | | 44,4 | | |
| 6,31 | 85 | | | 44,2 | | |
| 6,32 | 85 | | | 43,9 | | |
| 6,33 | 85 | | | 43,7 | | |
| 6,34 | 84 | | | 43,5 | | |
| 6,35 | 84 | | | 43,2 | | |
| 6,36 | 84 | | | 43,0 | | |

Продолжение таблицы

| d ₁₀ , мм | По Бринеллю HB | По Роквеллу | | | По Виккерсу HV | По Шору HSD |
|----------------------|-------------------|-------------|-----|------|-------------------|----------------|
| | | HRA | HRC | HRB | | |
| 6,37 | 83 | | | 42,7 | | |
| 6,38 | 83 | | | 42,5 | | |
| 6,39 | 83 | | | 42,2 | | |
| 6,40 | 82 | | | 42,0 | | |
| 6,41 | 82 | | | 41,8 | | |
| 6,42 | 82 | | | 41,5 | | |
| 6,43 | 82 | | | 41,3 | | |
| 6,44 | 81 | | | 41,0 | | |
| 6,45 | 81 | | | 40,8 | | |
| 6,46 | 81 | | | 40,6 | | |
| 6,47 | 80 | | | 40,3 | | |
| 6,48 | 80 | | | 40,1 | | |
| 6,49 | 80 | | | 39,8 | | |
| 6,50 | 80 | | | 39,6 | | |
| 6,51 | 79 | | | 39,4 | | |
| 6,52 | 79 | | | 39,1 | | |
| 6,53 | 79 | | | 38,9 | | |
| 6,54 | 79 | | | 38,6 | | |
| 6,55 | 78 | | | 38,4 | | |
| 6,56 | 78 | | | 38,1 | | |
| 6,57 | 78 | | | 37,9 | | |
| 6,58 | 78 | | | 37,7 | | |
| 6,59 | 77 | | | 37,4 | | |
| 6,60 | 77 | | | 37,2 | | |
| 6,61 | 77 | | | 36,9 | | |
| 6,62 | 77 | | | 36,7 | | |
| 6,63 | 76 | | | 36,4 | | |
| 6,64 | 76 | | | 36,2 | | |
| 6,65 | 76 | | | 35,9 | | |
| 6,66 | 76 | | | 35,7 | | |
| 6,67 | 75 | | | 35,4 | | |
| 6,68 | 75 | | | 35,2 | | |
| 6,69 | 75 | | | 34,9 | | |
| 6,70 | 75 | | | 34,7 | | |

13. ПЕРЕВОД ТЕМПЕРАТУР ДЛЯ ШКАЛ ЦЕЛЬСИЯ, КЕЛЬВИНА И ФАРЕНГЕЙТА [1]

$$K = ^\circ C + 273,15 = 5/9(^{\circ}F - 32) + 273,15$$

$$^{\circ}C = K - 273,15 = 5/9(^{\circ}F - 32)$$

$$^{\circ}F = 9/5(K - 273,15) + 32 = 9/5^{\circ}C + 32$$

| °C | °F | K | °C | °F | K | °C | °F | K |
|---------|---------|--------|-----|------|---------|------|------|---------|
| -273,15 | -459,67 | 0,00 | 380 | 716 | 653,15 | 910 | 1670 | 1183,15 |
| -270 | -454 | 3,15 | 390 | 734 | 663,15 | 920 | 1688 | 1193,15 |
| -200 | -328 | 73,15 | 400 | 752 | 673,15 | 930 | 1706 | 1203,15 |
| -150 | -238 | 123,15 | 410 | 770 | 683,15 | 940 | 1724 | 1213,15 |
| -100 | -148 | 173,15 | 420 | 788 | 693,15 | 950 | 1742 | 1223,15 |
| -90 | -130 | 183,15 | 430 | 806 | 703,15 | 960 | 1760 | 1233,15 |
| -80 | -112 | 193,15 | 440 | 824 | 713,15 | 970 | 1778 | 1243,15 |
| -70 | -94 | 203,15 | 450 | 842 | 723,15 | 980 | 1796 | 1253,15 |
| -60 | -76 | 213,15 | 460 | 860 | 733,15 | 990 | 1814 | 1263,15 |
| -50 | -58 | 223,15 | 470 | 878 | 743,15 | 1000 | 1832 | 1273,15 |
| -40 | -40 | 233,15 | 480 | 896 | 753,15 | 1010 | 1850 | 1283,15 |
| -30 | -22 | 243,15 | 490 | 914 | 763,15 | 1020 | 1868 | 1293,15 |
| -20 | -4 | 253,15 | 500 | 932 | 773,15 | 1030 | 1886 | 1303,15 |
| -17,78 | 0 | 255,37 | 510 | 950 | 783,15 | 1040 | 1904 | 1313,15 |
| -10 | 14 | 263,15 | 520 | 968 | 793,15 | 1050 | 1922 | 1323,15 |
| 0 | 32 | 273,15 | 530 | 986 | 803,15 | 1060 | 1940 | 1333,15 |
| 10 | 50 | 283,15 | 540 | 1004 | 813,15 | 1070 | 1958 | 1343,15 |
| 20 | 68 | 293,15 | 550 | 1022 | 823,15 | 1080 | 1976 | 1353,15 |
| 30 | 86 | 303,15 | 560 | 1040 | 833,15 | 1090 | 1994 | 1363,15 |
| 40 | 104 | 313,15 | 570 | 1058 | 843,15 | 1100 | 2012 | 1373,15 |
| 50 | 122 | 323,15 | 580 | 1076 | 853,15 | 1110 | 2030 | 1383,15 |
| 60 | 140 | 333,15 | 590 | 1094 | 863,15 | 1120 | 2048 | 1393,15 |
| 70 | 158 | 343,15 | 600 | 1112 | 873,15 | 1130 | 2066 | 1403,15 |
| 80 | 176 | 353,15 | 610 | 1130 | 883,15 | 1140 | 2084 | 1413,15 |
| 90 | 194 | 363,15 | 620 | 1148 | 893,15 | 1150 | 2102 | 1423,15 |
| 100 | 212 | 373,15 | 630 | 1166 | 903,15 | 1160 | 2120 | 1433,15 |
| 110 | 230 | 383,15 | 640 | 1184 | 913,15 | 1170 | 2138 | 1443,15 |
| 120 | 248 | 393,15 | 650 | 1202 | 923,15 | 1180 | 2156 | 1453,15 |
| 130 | 266 | 403,15 | 660 | 1220 | 933,15 | 1190 | 2174 | 1463,15 |
| 140 | 284 | 413,15 | 670 | 1238 | 943,15 | 1200 | 2192 | 1473,15 |
| 150 | 302 | 423,15 | 680 | 1256 | 953,15 | 1210 | 2210 | 1483,15 |
| 160 | 320 | 433,15 | 690 | 1274 | 963,15 | 1220 | 2228 | 1493,15 |
| 170 | 338 | 443,15 | 700 | 1292 | 973,15 | 1230 | 2246 | 1503,15 |
| 180 | 356 | 453,15 | 710 | 1310 | 983,15 | 1240 | 2264 | 1513,15 |
| 190 | 374 | 463,15 | 720 | 1328 | 993,15 | 1250 | 2282 | 1523,15 |
| 200 | 392 | 473,15 | 730 | 1346 | 1003,15 | 1260 | 2300 | 1533,15 |
| 210 | 410 | 483,15 | 740 | 1364 | 1013,15 | 1270 | 2318 | 1543,15 |
| 220 | 428 | 493,15 | 750 | 1382 | 1023,15 | 1280 | 2336 | 1553,15 |
| 230 | 446 | 503,15 | 760 | 1400 | 1033,15 | 1290 | 2354 | 1563,15 |
| 240 | 464 | 513,15 | 770 | 1418 | 1043,15 | 1300 | 2372 | 1573,15 |
| 250 | 482 | 523,15 | 780 | 1436 | 1053,15 | 1310 | 2390 | 1583,15 |
| 260 | 500 | 533,15 | 790 | 1454 | 1063,15 | 1320 | 2408 | 1593,15 |
| 270 | 518 | 543,15 | 800 | 1472 | 1073,15 | 1330 | 2426 | 1603,15 |
| 280 | 536 | 553,15 | 810 | 1490 | 1083,15 | 1340 | 2444 | 1613,15 |
| 290 | 554 | 563,15 | 820 | 1508 | 1093,15 | 1350 | 2462 | 1623,15 |
| 300 | 572 | 573,15 | 830 | 1526 | 1103,15 | 1360 | 2480 | 1633,15 |
| 310 | 590 | 583,15 | 840 | 1544 | 1113,15 | 1370 | 2498 | 1643,15 |
| 320 | 608 | 593,15 | 850 | 1562 | 1123,15 | 1380 | 2516 | 1653,15 |
| 330 | 626 | 603,15 | 860 | 1580 | 1133,15 | 1390 | 2234 | 1663,15 |
| 340 | 644 | 613,15 | 870 | 1598 | 1143,15 | 1400 | 2552 | 1673,15 |
| 350 | 662 | 623,15 | 880 | 1616 | 1153,15 | 1500 | 2732 | 1773,15 |
| 360 | 680 | 633,15 | 890 | 1634 | 1163,15 | 2000 | 3632 | 2273,15 |
| 370 | 698 | 643,15 | 900 | 1652 | 1173,15 | 2500 | 4532 | 2773,15 |

**14. ПЕРЕЧЕНЬ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ НА СОРТАМЕНТ МАТЕРИАЛОВ,
ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В МАРОЧНИКЕ**

| Вид полуфабриката | Обозначение стандарта | Наименование стандарта | Размеры полуфабриката, мм |
|-------------------|-----------------------|---|---|
| 1. Прокат | | | |
| 1.1 Лист | ГОСТ 19903-74 | Прокат листовой горячекатаный. Сортамент | Толщина 0,40–160; ширина ≥ 500 |
| | ГОСТ 19904-90 | Прокат листовой холоднокатаный. Сортамент | Толщина 0,35–5; ширина ≥ 500 |
| 1.2 Полоса | ГОСТ 82-70 | Прокат стальной горячекатаный широкополосный универсальный. Сортамент | Толщина 6–60; ширина 200–1050 |
| | ГОСТ 103-76 | Полоса стальная горячекатаная. Сортамент | Толщина 6–60; ширина 11–200 |
| | ГОСТ 4405-75 | Полосы горячекатаные и кованные из инструментальной стали. Сортамент | Размеры сечения полосы от 3×12 до 80×300 |
| | ГОСТ 7419-90 | Прокат стальной горячекатаный для рессор. Сортамент | Толщина 4,5–20; ширина 40–150 |
| 1.3 Трубы | ГОСТ 8639-82 | Трубы стальные квадратные. Сортамент | Наружный размер (сторона квадрата) 10–180; толщина стенки 1–14 |
| | ГОСТ 8732-78 | Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент | Наружный диаметр 20–50; толщина стенки 2,5–7,5 |
| | ГОСТ 8734-75 | Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент | Наружный диаметр 5–250; толщина стенки 0,3–24 |
| | ГОСТ 9567-75 | Трубы стальные прецизионные. Сортамент | Для горячекатаных труб: наружный диаметр 25–325; толщина стенки 2,5–50 Для холоднокатаных и холоднотянутых труб: наружный диаметр 4–710; толщина стенки 0,2–32 |
| 1.4 Сортовой | ГОСТ 1133-71 | Сталь кованая круглая и квадратная. Сортамент | Диаметр круга или сторона квадрата 40–200 |

Продолжение таблицы

| Вид полуфабриката | Обозначение стандарта | Наименование стандарта | Размеры полуфабриката, мм |
|------------------------------|-----------------------|--|---|
| 1.5 Фасонный 1.5.1 Полоса | ГОСТ 2590-88 | Прокат стальной горячекатаный круглый. Сортамент | Диаметр 5–270 |
| | ГОСТ 2591-88 | Прокат стальной горячекатаный квадратный. Сортамент | Сторона квадрата 6–200 |
| | ГОСТ 2879-88 | Прокат стальной горячекатаный шестигранный. Сортамент | Диаметр вписанного круга 8–100 |
| | ГОСТ 7417-75 | Сталь калиброванная круглая. Сортамент | Диаметр 3–100 |
| | ГОСТ 8559-75 | Сталь калиброванная квадратная. Сортамент | Сторона квадрата 3–100 |
| | ГОСТ 8560-78 | Прокат калиброванный шестигранный. Сортамент | Диаметр вписанного круга 3–100 |
| | ГОСТ 22411-77 | Прутки из сплавов горячекатаные и кованные. Сортамент | Прутки из жаропрочных, жаростойких и коррозионно-стойких труднодеформируемых сплавов горячекатаные круглого сечения: диаметр 10–55 |
| | ГОСТ 7419-90 | Прокат стальной горячекатаный для рессор. Сортамент | Прутки кованные круглого и квадратного сечения: диаметр или сторона квадрата 60–200 Прокат трапециевидно-ступенчатый: ширина 4,5–120; толщина 6–20 Прокат Т-образный: ширина 65–120; толщина 9–20 Прокат трапециевидный: ширина 45–65; толщина 6–12 Прокат желобчатый: ширина 63–120; толщина 7–16 |

Продолжение таблицы

| Вид полуфабриката | Обозначение стандарта | Наименование стандарта | Размеры полуфабриката, мм |
|-------------------|-----------------------|---|--|
| 1.5.2 Двутавры | ГОСТ 8239-89 | Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент | Высота двутавра 100–600; ширина полки 55–190; толщина стенки 4,5–12; толщина полки 7,2–17,8 |
| | ГОСТ 26020-83 | Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Сортамент | Высота двутавра 100–1013; ширина полки 55–400; толщина стенки 3,8–23; толщина полки 5,1–36,5 |
| 1.5.3 Швеллеры | ГОСТ 5267.1-90 | Швеллеры. Сортамент | Высота 80–300; ширина полки 45–89; толщина стенки 5,5–11,5; толщина полки 9–15 |
| | ГОСТ 8240-97 | Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент | Высота 50–400; ширина полки 30–115; толщина стенки 3–13,5; толщина полки 4,8–13,5 |
| | ГОСТ 8278-83 | Швеллеры стальные гнутые равнополочные. Сортамент | Швеллеры из углеродистой кипящей и полуспокойной стали: высота стенки 25–410; ширина полки 20–180; толщина швеллера 2–8 |
| | | | Швеллеры из углеродистой спокойной и низколегированной стали: высота стенки 25–310; ширина полки 20–180; толщина швеллера 2–8 |
| | ГОСТ 8281-80 | Швеллеры стальные гнутые неравнополочные. Сортамент | Высота стенки 32–300; ширина большей полки 22–180; ширина меньшей полки 12–90; толщина швеллера 2–8 |
| 1.5.4 Уголки | ГОСТ 8509-93 | Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент | Ширина полки 20–250; толщина полки 3–35 |
| | ГОСТ 8510-86 | Уголки стальные горячекатаные неравнополочные. Сортамент | Ширина большей полки 25–200; ширина меньшей полки 16–125; толщина полки 3–16 |

Продолжение таблицы

| Вид полуфабриката | Обозначение стандарта | Наименование стандарта | Размеры полуфабриката, мм |
|-------------------|-----------------------|--|---|
| 1.5.5. Профили | ГОСТ 19771-93 | Уголки стальные гнутые равнополочные. Сортамент | Уголки из углеродистой кипящей и полуспокойной стали обыкновенного качества, качественной стали: ширина полки 36–120; толщина полки 2,5–7 Уголки из углеродистой полуспокойной стали обыкновенного качества, углеродистой качественной стали: ширина полки от 55 до 160; толщина полки от 3 до 6 |
| | ГОСТ 19772-93 | Уголки стальные гнутые неравнополочные. Сортамент | Уголки из углеродистой кипящей и полуспокойной стали обыкновенного качества, углеродистой качественной стали: ширина большей полки 32–180; толщина меньшей полки 25–140; толщина полки 2–8 Уголки из углеродистой полуспокойной стали обыкновенного качества, углеродистой качественной стали: ширина большей полки 40–155; ширина меньшей полки 25–125; толщина полки 2,5–8 |
| | ГОСТ 8282-83 | Профили стальные гнутые С-образные равнополочные. Сортамент | Высота профиля 62–550; ширина профиля 32–160; ширина полки 8–60; толщина профиля 1–5 |
| | ГОСТ 8283-93 | Профили стальные гнутые корытные равнополочные. Сортамент | Профили из углеродистой кипящей и полуспокойной стали обыкновенного качества и углеродистой качественной стали: высота стенки профиля 40–308; ширина профиля 19–120; ширина полки 16–61; толщина профиля 1,2–6 Профили из углеродистой полуспокойной и спокойной стали обыкновенного качества, углеродистой качественной стали: высота стенки профиля 40–365; ширина профиля 31–120; ширина полки 16–60; толщина профиля 1,2–7 |
| 2. Заготовки | ГОСТ 6627-74 | Крюки однорогие. Заготовки. Типы, конструкция и размеры | |
| | ГОСТ 6628-73 | Крюки двурогие. Заготовки. Типы, конструкция и размеры | |

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СТАНДАРТОВ

| | | | |
|------------------------|--|---------------|---|
| ГОСТ 8.064-94 | ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений твердости по шкалам Роквелла и Супер-Роквелла. | ГОСТ 103-76 | Полоса стальная горячекатаная. Сортамент. |
| ГОСТ 8.377-80 | ГСИ. Материалы магнитно-мягкие. Методики выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик. | ГОСТ 166-89 | Штангенциркули. Технические условия. |
| ГОСТ 9.914-91 | ЕСКС. Стали коррозионно-стойкие аустенитные. Электрохимические методы определения стойкости против межкристаллитной коррозии. | ГОСТ 356-80 | Арматура и детали трубопроводов. Давления условные, пробные и рабочие. Ряды. |
| ГОСТ 12.1.005-88 | ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. | ГОСТ 380-2005 | Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. |
| ГОСТ 12.1.007-76 | ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. | ГОСТ 398-96 | Бандажи из углеродистой стали для подвижного состава железных дорог широкой колеи и метрополитена. Технические условия. |
| ГОСТ 12.4.021-75 | ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования. | ГОСТ 427-75 | Линейки измерительные металлические. Технические условия. |
| ГОСТ Р 12.4.230.1-2007 | ССБТ. Очки защитные. Общие технические условия. | ГОСТ 492-2006 | Никель, сплавы никелевые, обрабатываемые давлением. Марки. |
| ГОСТ 25.502-79 | Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на усталость. | ГОСТ 493-79 | Бронзы безоловянные литейные. Марки. |
| ГОСТ 25.503-97 | Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие. | ГОСТ 494-90 | Трубы латунные. Технические условия. |
| ГОСТ 25.506-85 | Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. | ГОСТ 503-81 | Лента холоднокатаная из низкоуглеродистой стали. Технические условия. |
| ГОСТ 82-70 | Прокат стальной горячекатаный широкополосный универсальный. Сортамент. | ГОСТ 535-2005 | Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия. |
| | | ГОСТ 550-75 | Трубы стальные бесшовные для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Технические условия. |
| | | ГОСТ 613-79 | Бронзы оловянные литейные. Технические условия. |
| | | ГОСТ 617-2006 | Трубы медные. Технические условия. |
| | | ГОСТ 801-78 | Сталь подшипниковая. Технические условия. |

| | | | |
|----------------|---|-----------------|--|
| ГОСТ 859-2001 | Медь. Марки. | ГОСТ 1577-93 | Прокат толстолистовой и широкополосный из конструкционной качественной стали. Технические условия. |
| ГОСТ 931-90 | Листы и полосы латунные. Технические условия. | ГОСТ 1652.1-77 | Сплавы медно-цинковые. Методы определения меди. |
| ГОСТ 977-88 | Отливки стальные. Общие технические условия. | ГОСТ 1652.2-77 | Сплавы медно-цинковые. Методы определения свинца. |
| ГОСТ 1018-77 | Ленты алюминиевые, медные, латунные и мельхиоровые для капсулей. Технические условия. | ГОСТ 1652.3-77 | Сплавы медно-цинковые. Методы определения железа. |
| ГОСТ 1050-88 | Прокат сортовой, калиброванный со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия. | ГОСТ 1652.4-77 | Сплавы медно-цинковые. Методы определения марганца. |
| ГОСТ 1051-73 | Прокат калиброванный. Общие технические условия. | ГОСТ 1652.5-77 | Сплавы медно-цинковые. Методы определения олова. |
| ГОСТ 1066-90 | Проволока латунная. Технические условия. | ГОСТ 1652.6-77 | Сплавы медно-цинковые. Методы определения сурьмы. |
| ГОСТ 1071-81 | Проволока стальная пружинная термически обработанная. Технические условия. | ГОСТ 1652.7-77 | Сплавы медно-цинковые. Методы определения висмута. |
| ГОСТ 1133-71 | Сталь ковкая круглая и квадратная. Сортамент. | ГОСТ 1652.8-77 | Сплавы медно-цинковые. Методы определения мышьяка. |
| ГОСТ 1173-2006 | Ленты медные. Технические условия. | ГОСТ 1652.9-77 | Сплавы медно-цинковые. Методы определения серы. |
| ГОСТ 1215-79 | Отливки из ковкого чугуна. Общие технические условия. | ГОСТ 1652.10-77 | Сплавы медно-цинковые. Методы определения алюминия. |
| ГОСТ 1320-74 | Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия. | ГОСТ 1652.11-77 | Сплавы медно-цинковые. Методы определения никеля. |
| ГОСТ 1412-85 | Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки. | ГОСТ 1652.12-77 | Сплавы медно-цинковые. Методы определения кремния. |
| ГОСТ 1414-75 | Прокат из конструкционной стали высокой обрабатываемости резанием. Технические условия. | ГОСТ 1652.13-77 | Сплавы медно-цинковые. Методы определения фосфора. |
| ГОСТ 1435-99 | Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали. Общие технические условия. | ГОСТ 1763-68 | Сталь. Методы определения глубины обезуглероженного слоя. |
| ГОСТ 1497-84 | Металлы. Методы испытания на растяжение. | ГОСТ 1778-70 | Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений. |
| ГОСТ 1535-2006 | Прутки медные. Технические условия. | ГОСТ 1789-70 | Полосы и ленты из бериллиевой бронзы. Технические условия. |

| | | | |
|----------------|---|----------------|--|
| ГОСТ 2060-2006 | Прутки латунные. Технические условия. | ГОСТ 3749-77 | Угольники поверочные 90°. Технические условия. |
| ГОСТ 2105-75 | Крюки кованные и штампованные. Технические условия. | ГОСТ 3836-83 | Сталь электротехническая нелегированная тонколистовая и ленты. Технические условия. |
| ГОСТ 2205-71 | Ленты и полосы томпаковые для плакировки. Технические условия. | ГОСТ 3845-75 | Трубы металлические. Метод испытания гидравлическим давлением. |
| ГОСТ 2208-2007 | Фольга, ленты, листы и плиты латунные. Технические условия. | ГОСТ 4041-71 | Прокат листовой для холодной штамповки из конструкционной качественной стали. Технические условия. |
| ГОСТ 2216-84 | Калибры-скобы гладкие регулируемые. Технические условия. | ГОСТ 4381-87 | Микрометры рычажные. Общие технические условия. |
| ГОСТ 2246-70 | Проволока стальная сварочная. Технические условия. | ГОСТ 4405-75 | Полосы горячекатаные и кованные из инструментальной стали. Сортамент. |
| ГОСТ 2283-79 | Лента холоднокатаная из инструментальной и пружинной стали. Технические условия. | ГОСТ 4543-71 | Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. |
| ГОСТ 2284-79 | Лента холоднокатаная из углеродистой конструкционной стали. Технические условия. | ГОСТ 4728-96 | Заготовки осевые для подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия. |
| ГОСТ 2590-88 | Прокат стальной горячекатаный круглый. Сортамент. | ГОСТ 4784-97 | Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки. |
| ГОСТ 2591-88 | Прокат стальной горячекатаный квадратный. Сортамент. | ГОСТ 4986-79 | Лента холоднокатаная из коррозионно-стойкой и жаростойкой стали. Технические условия. |
| ГОСТ 2789-73 | Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. | ГОСТ 5009-82 | Шкурка шлифованная тканевая. Технические условия. |
| ГОСТ 2879-88 | Прокат стальной горячекатаный шестигранный. Сортамент. | ГОСТ 5063-73 | Полосы из медно-никелевых сплавов. Технические условия. |
| ГОСТ 2999-75 | Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу. | ГОСТ 5210-95 | Прокат сортовой из инструментальной стали для напильников, рашпилей, зубил и крейцмейселей. Общие технические условия. |
| ГОСТ 3221-85 | Алюминий первичный. Методы спектрального анализа. | ГОСТ 5267.1-90 | Швеллеры. Сортамент. |
| ГОСТ 3248-81 | Металлы. Метод испытания на ползучесть. | ГОСТ 5362-78 | Полосы латунные. Технические условия. |
| ГОСТ 3618-82 | Турбины паровые стационарные для привода турбогенераторов. Типы и основные параметры. | | |
| ГОСТ 3728-78 | Трубы. Метод испытания на загиб. | | |

| | | | |
|----------------|--|-----------------|---|
| ГОСТ 5520-79 | Прокат листовой из углеродистой, низколегированной и легированной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением. Технические условия. | ГОСТ 6627-74 | Крюки однорогие. Заготовки. Типы, конструкция и размеры. |
| ГОСТ 5582-75 | Прокат тонколистовой коррозионно-стойкий, жаростойкий и жаропрочный. Технические условия. | ГОСТ 6628-73 | Крюки двурогие. Заготовки. Типы, конструкция и размеры. |
| ГОСТ 5632-72 | Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки. | ГОСТ 6688-91 | Прутки латунные прямоугольного сечения. Технические условия. |
| ГОСТ 5639-82 | Стали и сплавы. Метод выявления и определения величины зерна. | ГОСТ 6689.1-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения меди. |
| ГОСТ 5640-68 | Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры листов и ленты. | ГОСТ 6689.2-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения никеля. |
| ГОСТ 5657-69 | Сталь. Метод испытания на прокаливаемость. | ГОСТ 6689.3-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения суммы никеля и кобальта. |
| ГОСТ 5663-79 | Проволока стальная углеродистая для холодной высадки. Технические условия. | ГОСТ 6689.4-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения цинка. |
| ГОСТ 5781-82 | Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. | ГОСТ 6689.5-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения железа. |
| ГОСТ 5949-75 | Сталь сортовая и калиброванная коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия. | ГОСТ 6689.6-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения марганца. |
| ГОСТ 5950-2000 | Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия. | ГОСТ 6689.7-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения кремния. |
| ГОСТ 6032-2003 | Стали и сплавы коррозионно-стойкие. Методы испытаний на стойкость к межкристаллитной коррозии. | ГОСТ 6689.8-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения алюминия. |
| ГОСТ 6130-71 | Металлы. Методы определения жаростойкости. | ГОСТ 6689.9-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения кобальта. |
| ГОСТ 6456-82 | Шкурка шлифовальная бумажная. Технические условия. | ГОСТ 6689.10-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения углерода. |
| ГОСТ 6507-90 | Микрометры. Технические условия. | ГОСТ 6689.11-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения вольфрама. |
| | | ГОСТ 6689.12-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения магния. |

| | | | |
|-----------------|---|--------------|---|
| ГОСТ 6689.13-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения мышьяка. | ГОСТ 7293-85 | Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки. |
| ГОСТ 6689.14-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения хрома. | ГОСТ 7350-77 | Сталь толстолистовая, коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия. |
| ГОСТ 6689.15-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения сурьмы. | ГОСТ 7417-75 | Сталь калиброванная круглая. Сортамент. |
| ГОСТ 6689.16-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения цинка, кадмия, свинца, висмута и олова. | ГОСТ 7419-90 | Прокат стальной горячекатаный для рессор. Сортамент. |
| ГОСТ 6689.17-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения висмута. | ГОСТ 7502-98 | Рулетки измерительные металлические. Технические условия. |
| ГОСТ 6689.18-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения серы. | ГОСТ 7512-82 | Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод. |
| ГОСТ 6689.19-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения фосфора. | ГОСТ 7564-97 | Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний. |
| ГОСТ 6689.20-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения свинца. | ГОСТ 7565-81 | Чугун, сталь и сплавы. Метод отбора проб для химического состава. |
| ГОСТ 6689.21-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения титана. | ГОСТ 7566-94 | Металлопродукция. Приемка, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. |
| ГОСТ 6689.22-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения олова. | ГОСТ 7727-81 | Сплавы алюминиевые. Методы спектрального анализа. |
| ГОСТ 6689.24-92 | Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые. Методы определения кальция. | ГОСТ 7769-82 | Чугун легированный для отливок со специальными свойствами. Марки. |
| ГОСТ 6713-91 | Прокат низколегированный конструкционный для мостостроения. Технические условия. | ГОСТ 8026-92 | Линейки поверочные. Технические условия |
| ГОСТ 6996-66 | Сварные соединения. Методы определения механических свойств. | ГОСТ 8233-56 | Сталь. Эталоны микроструктуры. |
| ГОСТ 7229-76 | Кабели, провода и шнуры. Метод определения электрического сопротивления токопроводящих жил и проводников. | ГОСТ 8239-89 | Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент. |
| | | ГОСТ 8240-97 | Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент. |
| | | ГОСТ 8278-83 | Швеллеры стальные гнутые равнополочные. Сортамент. |
| | | ГОСТ 8281-80 | Швеллеры стальные гнутые неравнополочные. Сортамент. |

| | | | |
|--------------|---|----------------|--|
| ГОСТ 8282-83 | Профили стальные гнутые С-образные равнополочные. Сортамент. | ГОСТ 8734-75 | Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент. |
| ГОСТ 8283-93 | Профили стальные гнутые корытные равнополочные. Сортамент. | ГОСТ 8817-82 | Металлы. Метод испытания на осадку. |
| ГОСТ 8479-70 | Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия. | ГОСТ 9012-59 | Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю. |
| ГОСТ 8509-93 | Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент. | ГОСТ 9013-59 | Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу. |
| ГОСТ 8510-86 | Уголки стальные горячекатаные неравнополочные. Сортамент. | ГОСТ 9045-93 | Прокат тонколистовой холоднокатаный из низкоуглеродистой качественной стали для холодной штамповки. Технические условия. |
| ГОСТ 8559-75 | Сталь калиброванная квадратная. Сортамент. | ГОСТ 9389-75 | Проволока стальная углеродистая пружинная. Технические условия. |
| ГОСТ 8560-78 | Прокат калиброванный шестигранный. Сортамент. | ГОСТ 9454-78 | Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах. |
| ГОСТ 8639-82 | Трубы стальные квадратные. Сортамент. | ГОСТ 9567-75 | Трубы стальные прецизионные. Сортамент. |
| ГОСТ 8642-68 | Трубы стальные овалыные. Сортамент. | ГОСТ 9651-84 | Металлы. Методы испытаний на растяжение при повышенных температурах. |
| ГОСТ 8644-68 | Трубы стальные плоскоовальные. Сортамент. | ГОСТ 9716.1-79 | Сплавы медно-цинковые. Метод спектрального анализа по металлическим стандартным образцам с фотографической регистрацией спектра. |
| ГОСТ 8645-68 | Трубы стальные прямоугольные. Сортамент. | ГОСТ 9716.2-79 | Сплавы медно-цинковые. Метод спектрального анализа по металлическим стандартным образцам с фотоэлектрической регистрацией спектра. |
| ГОСТ 8693-80 | Трубы металлические. Метод испытания на бортование. | ГОСТ 9716.3-79 | Сплавы медно-цинковые. Метод спектрального анализа по окисным образцам с фотографической регистрацией спектра. |
| ГОСТ 8694-75 | Трубы. Метод испытания на раздачу. | ГОСТ 9717.1-82 | Медь. Метод спектрального анализа по металлическим стандартным образцам с фотоэлектрической регистрацией спектра. |
| ГОСТ 8695-75 | Трубы. Метод испытания на сплющивание. | | |
| ГОСТ 8731-74 | Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические требования. | | |
| ГОСТ 8732-78 | Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент. | | |
| ГОСТ 8733-74 | Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные и теплодеформированные. Технические требования. | | |

| | | | |
|-----------------|---|---------------|---|
| ГОСТ 9717.2-82 | Медь. Метод спектрального анализа по металлическим стандартным образцам с фотографической регистрацией спектра. | ГОСТ 10706-76 | Трубы стальные электросварные прямошовные. Технические требования. |
| ГОСТ 9717.3-82 | Медь. Метод спектрального анализа по оксидным стандартным образцам. | ГОСТ 10791-89 | Колёса цельнокатаные. Технические условия. |
| ГОСТ 9940-81 | Трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия. | ГОСТ 10884-94 | Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия. |
| ГОСТ 9941-81 | Трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия. | ГОСТ 10885-85 | Сталь листовая горячекатаная двухслойная коррозионно-стойкая. Технические условия. |
| ГОСТ 10006-80 | Трубы металлические. Метод испытания на растяжение. | ГОСТ 10994-74 | Сплавы прецизионные. Марки. |
| ГОСТ 10092-2006 | Трубы мельхиоровые для теплообменных аппаратов. Технические условия. | ГОСТ 11036-75 | Сталь сортовая электротехническая нелегированная. Технические условия. |
| ГОСТ 10145-81 | Металлы. Метод испытания на длительную прочность. | ГОСТ 11068-81 | Трубы электросварные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия. |
| ГОСТ 10234-77 | Лента стальная плющенная средней прочности. Технические условия. | ГОСТ 11098-75 | Скобы с отчетным устройством. Технические условия. |
| ГОСТ 10243-75 | Сталь. Метод испытаний и оценки макроструктуры. | ГОСТ 11125-84 | Кислота азотная особой чистоты. Технические условия. |
| ГОСТ 10498-82 | Трубы бесшовные особотонкостенные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия. | ГОСТ 11150-84 | Металлы. Методы испытаний на растяжение при пониженных температурах. |
| ГОСТ 10510-80 | Металлы. Метод испытания на выдавливание листов и лент по Эриксену. | ГОСТ 11268-76 | Прокат тонколистовой специального назначения из конструкционной легированной высококачественной стали. Технические условия. |
| ГОСТ 10692-80 | Трубы стальные, чугунные и соединительные части к ним. Приемка, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. | ГОСТ 11269-76 | Прокат листовой и широкополосный универсальный специального назначения из конструкционной легированной высококачественной стали. Технические условия. |
| ГОСТ 10702-78 | Прокат из качественной конструкционной углеродистой и легированной стали для холодного выдавливания и высадки. Технические условия. | ГОСТ 11358-89 | Толщиномеры и стенкоммеры индикаторные с ценой деления 0,01 и 0,1 мм. Технические условия. |
| | | ГОСТ 11383-75 | Трубки медные и латунные тонкостенные. |

| | | | |
|------------------|--|------------------|--|
| ГОСТ 11701-84 | Металлы. Методы испытания на растяжение тонких листов и лент. | ГОСТ 11739.14-99 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения мышьяка. |
| ГОСТ 11739.1-90 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения оксида алюминия. | ГОСТ 11739.15-99 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения натрия. |
| ГОСТ 11739.2-90 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения бора. | ГОСТ 11739.16-90 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения никеля. |
| ГОСТ 11739.3-99 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения бериллия. | ГОСТ 11739.17-90 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения олова. |
| ГОСТ 11739.4-90 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения висмута. | ГОСТ 11739.18-90 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения свинца. |
| ГОСТ 11739.5-90 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения ванадия. | ГОСТ 11739.19-90 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения сурьмы. |
| ГОСТ 11739.6-99 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения железа. | ГОСТ 11739.20-99 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения титана. |
| ГОСТ 11739.7-99 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения кремния. | ГОСТ 11739.21-90 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения хрома. |
| ГОСТ 11739.8-90 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения калия. | ГОСТ 11739.22-90 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения редкоземельных элементов и иттрия. |
| ГОСТ 11739.9-90 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения кадмия. | ГОСТ 11739.23-99 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения циркония. |
| ГОСТ 11739.10-90 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения лития. | ГОСТ 11739.24-98 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения цинка. |
| ГОСТ 11739.11-98 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения магния. | ГОСТ 11878-66 | Сталь аустенитная. Методы определения содержания ферритной фазы в прутках. |
| ГОСТ 11739.12-98 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения марганца. | ГОСТ 12119.0-98 | Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических свойств. |
| ГОСТ 11739.13-98 | Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы определения меди. | ГОСТ 12344-2003 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения углерода. |

| | | | |
|-----------------|--|------------------|--|
| ГОСТ 12345-2001 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения серы. | ГОСТ 12360-82 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения бора. |
| ГОСТ 12346-78 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения кремния. | ГОСТ 12361-2002 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения ниобия. |
| ГОСТ 12347-77 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения фосфора. | ГОСТ 12362-79 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения микропримесей сурьмы, свинца, олова, цинка и кадмия. |
| ГОСТ 12348-78 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения марганца. | ГОСТ 12363-79 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения селена. |
| ГОСТ 12349-83 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения вольфрама. | ГОСТ 12364-84 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения церия. |
| ГОСТ 12350-78 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения хрома. | ГОСТ 12365-84 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения циркония. |
| ГОСТ 12351-2003 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения ванадия. | ГОСТ 12697.1-77 | Алюминий. Методы определения ванадия. |
| ГОСТ 12352-81 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения никеля. | ГОСТ 12697.2-77 | Алюминий. Методы определения магния. |
| ГОСТ 12353-78 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения кобальта. | ГОСТ 12697.3-77 | Алюминий. Методы определения марганца. |
| ГОСТ 12354-81 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения молибдена. | ГОСТ 12697.4-77 | Алюминий. Методы определения натрия. |
| ГОСТ 12355-78 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения меди. | ГОСТ 12697.5-77 | Алюминий. Методы определения хрома. |
| ГОСТ 12356-81 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения титана. | ГОСТ 12697.6-77 | Алюминий. Методы определения кремния. |
| ГОСТ 12357-84 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения алюминия. | ГОСТ 12697.7-77 | Алюминий. Методы определения железа. |
| ГОСТ 12358-2002 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения мышьяка. | ГОСТ 12697.8-77 | Алюминий. Методы определения меди. |
| ГОСТ 12359-99 | Стали легированные и высоколегированные. Методы определения азота. | ГОСТ 12697.9-77 | Алюминий. Методы определения цинка. |
| | | ГОСТ 12697.10-77 | Алюминий. Методы определения титана. |
| | | ГОСТ 12697.11-77 | Алюминий. Методы определения свинца. |
| | | ГОСТ 12697.12-77 | Алюминий. Методы определения мышьяка. |

| | | | |
|------------------|--|-----------------------------|--|
| ГОСТ 12766.1-90 | Проволока из прецизионных сплавов с высоким электрическим сопротивлением. Технические условия. | ГОСТ 13938.11-78 | Медь. Методы определения мышьяка. |
| ГОСТ 12766.2-90 | Лента из прецизионных сплавов с высоким электрическим сопротивлением. Технические условия. | ГОСТ 13938.12-78 | Медь. Методы определения висмута. |
| ГОСТ 12766.3-90 | Сплавы калиброванные прецизионные с высоким электрическим сопротивлением. Технические условия. | ГОСТ 13938.13-93 | Медь. Методы определения кислорода. |
| ГОСТ 12766.4-90 | Прокат сортовой из прецизионных сплавов с высоким электрическим сопротивлением. Технические условия. | ГОСТ 14019-2003 | Материалы металлические. Метод испытания на изгиб. |
| ГОСТ 12766.5-90 | Лента плющенная из прецизионных сплавов с высоким электрическим сопротивлением. Технические условия. | ГОСТ 14162-79 | Трубки стальные малых размеров (капиллярные). Технические условия. |
| ГОСТ 13663-86 | Трубы стальные профильные. Технические требования. | ГОСТ 14637-89 (ИСО 4995-78) | Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия. |
| ГОСТ 13813-68 | Металлы. Метод испытания на перегиб листов и лент толщиной менее 4 мм. | ГОСТ 14955-77 | Сталь качественная круглая со специальной отделкой поверхности. Технические условия. |
| ГОСТ 13938.1-78 | Медь. Методы определения меди. | ГОСТ 14959-79 | Прокат из рессорно-пружинной углеродистой и легированной стали. Технические условия. |
| ГОСТ 13938.2-78 | Медь. Методы определения серы. | ГОСТ 14963-78 | Проволока стальная легированная пружинная. Технические условия. |
| ГОСТ 13938.3-78 | Медь. Методы определения фосфора. | ГОСТ 15527-2004 | Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки. |
| ГОСТ 13938.4-78 | Медь. Методы определения железа. | ГОСТ 15834-77 | Проволока из бериллиевой бронзы. Технические условия. |
| ГОСТ 13938.5-78 | Медь. Методы определения цинка. | ГОСТ 15835-70 | Прутки из бериллиевой бронзы. Технические условия. |
| ГОСТ 13938.6-78 | Медь. Методы определения никеля. | ГОСТ 16277-93 | Подкладки раздельного скрепления железнодорожных рельсов типов Р50, Р65 и Р75. Технические условия. |
| ГОСТ 13938.7-78 | Медь. Методы определения свинца. | ГОСТ 16523-97 | Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия. |
| ГОСТ 13938.8-78 | Медь. Методы определения олова. | ГОСТ 17066-94 | Прокат тонколистовой из стали повышенной прочности. Технические условия. |
| ГОСТ 13938.9-78 | Медь. Методы определения серебра. | | |
| ГОСТ 13938.10-78 | Медь. Методы определения сурьмы. | | |

| | | | |
|---------------|---|-----------------|--|
| ГОСТ 17217-79 | Трубы из медно-никелевого сплава марки МНЖ5-1. Технические условия. | ГОСТ 19040-81 | Трубы металлические. Метод испытания на растяжение при повышенных температурах. |
| ГОСТ 17232-99 | Плиты из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия. | ГОСТ 19265-73 | Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия. |
| ГОСТ 17410-78 | Контроль неразрушающий. Трубы металлические бесшовные цилиндрические. Методы ультразвуковой дефектоскопии. | ГОСТ 19281-89 | Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия. |
| ГОСТ 17711-93 | Сплавы медно-цинковые (латуни), литейные. Марки. | ГОСТ 19300-86 | Средства измерения шероховатости поверхности профильным методом. Профилографы-профилометры контактные. Типы и основные параметры. |
| ГОСТ 17745-90 | Стали и сплавы. Методы определения газов. | ГОСТ 19442-74 | Прутки фасонные для лопаток и прутки для связи лопаток паровых турбин из коррозионно-стойкой стали и жаропрочной стали. Технические условия. |
| ГОСТ 18143-72 | Проволока из высоколегированной коррозионно-стойкой и жаростойкой стали. Технические условия. | ГОСТ 19771-93 | Уголки стальные гнутые равнополочные. Сортамент. |
| ГОСТ 18175-78 | Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Марки. | ГОСТ 19772-93 | Уголки стальные гнутые неравнополочные. Сортамент. |
| ГОСТ 18321-73 | Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции. | ГОСТ 19807-91 | Титан и сплавы титановые деформируемые. Марки. |
| ГОСТ 18442-80 | Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. | ГОСТ 19903-74 | Прокат листовой горячекатаный. Сортамент |
| ГОСТ 18482-79 | Трубы прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия. | ГОСТ 19904-90 | Прокат листовой холоднокатаный. Сортамент. |
| ГОСТ 18895-97 | Сталь. Метод фотоэлектрического спектрального анализа. | ГОСТ 20072-74 | Сталь теплоустойчивая. Технические условия. |
| ГОСТ 18907-73 | Прутки нагартованные, термически обработанные шлифованные из высоколегированной и коррозионно-стойкой стали. Технические условия. | ГОСТ 20437-89 | Материал прессовочный АГ-4. Технические условия. |
| ГОСТ 18968-73 | Прутки и полосы из коррозионно-стойкой и жаропрочной стали для лопаток паровых турбин. Технические условия. | ГОСТ 20700-75 | Болты, шпильки, гайки и шайбы для фланцевых и анкерных соединений, пробки и хомуты с температурой среды от 0 до 650°C. Технические условия. |
| | | ГОСТ 21073.0-75 | Металлы цветные. Определение величины зерна. Общие требования. |

| | | | |
|-----------------|--|------------------|---|
| ГОСТ 21073.1-75 | Металлы цветные. Определение величины зерна методом сравнения со шкалой микроструктур. | ГОСТ 22411-77 | Прутки из сплавов горячекатаные и кованные. Сортамент. |
| ГОСТ 21105-87 | Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. | ГОСТ 22536.0-87 | Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Общие требования к методам анализа. |
| ГОСТ 21120-75 | Прутки и заготовки круглого и прямоугольного сечений. Методы ультразвуковой дефектоскопии. | ГОСТ 22536.1-88 | Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения общего углерода и графита. |
| ГОСТ 21357-87 | Отливки из хладостойкой и износостойкой стали. Общие технические условия. | ГОСТ 22536.2-87 | Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения серы. |
| ГОСТ 21427.1-83 | Сталь электротехническая холоднокатаная анизотропная тонколистовая. Технические условия. | ГОСТ 22536.3-88 | Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения фосфора. |
| ГОСТ 21427.2-83 | Сталь электротехническая холоднокатаная изотропная тонколистовая. Технические условия. | ГОСТ 22536.4-88 | Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения кремния. |
| ГОСТ 21427.4-78 | Лента стальная электротехническая холоднокатаная анизотропная. Технические условия. | ГОСТ 22536.5-87 | Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения марганца. |
| ГОСТ 21488-97 | Прутки прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия. | ГОСТ 22536.6-88 | Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения мышьяка. |
| ГОСТ 21631-76 | Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия. | ГОСТ 22536.7-88 | Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения хрома. |
| ГОСТ 21646-2003 | Трубы медные и латунные для теплообменных аппаратов. Технические условия. | ГОСТ 22536.8-87 | Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения меди. |
| ГОСТ 21996-76 | Лента стальная холоднокатаная термообработанная. Технические условия. | ГОСТ 22536.9-88 | Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения никеля. |
| ГОСТ 21997-76 | Лента стальная плющенная высокой прочности. Технические условия. | ГОСТ 22536.10-88 | Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения алюминия. |
| ГОСТ 22176-76 | Листы из титана и титановых сплавов. Технические условия. | ГОСТ 22536.11-87 | Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения титана. |
| | | ГОСТ 22536.12-88 | Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения ванадия. |

| | | | |
|------------------|---|---------------|---|
| ГОСТ 22536.14-88 | Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения циркония. | ГОСТ 25054-81 | Поковки из коррозионно-стойких сталей и сплавов. Общие технические условия. |
| ГОСТ 22727-88 | Прокат листовой. Методы ультразвукового контроля. | ГОСТ 25502-79 | Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость. |
| ГОСТ 22838-77 | Сплавы жаропрочные. Методы контроля и оценки макроструктуры. | ГОСТ 25505-85 | Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытаний на малоцикловую усталость при термомеханическом нагружении. |
| ГОСТ 23207-78 | Сопротивление усталости. Основные термины, определения и обозначения. | ГОСТ 26007-83 | Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Методы испытания на релаксацию напряжений. |
| ГОСТ 23273-78 | Металлы и сплавы. Измерение твердости методом упругого отскока бойка (по Шору). | ГОСТ 26020-83 | Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Сортамент. |
| ГОСТ 23304-78 | Болты, шпильки, гайки и шайбы для фланцевых соединений атомных энергетических установок. Технические требования. Приемка. Методы испытаний. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. | ГОСТ 26358-84 | Отливки из чугуна. Общие технические условия. |
| ГОСТ 23705-79 | Прутки горячекатаные и кованые из жаропрочных сплавов. Технические условия. | ГОСТ 26492-85 | Прутки катаные из титана и титановых сплавов. Технические условия. |
| ГОСТ 24030-80 | Трубы бесшовные из коррозионно-стойкой стали для энергомашиностроения. Технические условия. | ГОСТ 26645-85 | Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. |
| ГОСТ 24277-91 | Установки паротурбинные стационарные для атомных электростанций. Общие технические условия. | ГОСТ 26877-91 | Металлопродукция. Методы измерения отклонений формы. |
| ГОСТ 24278-89 | Установки паровые стационарные для привода электрических генераторов ТЭС. Общие технические условия. | ГОСТ 27772-88 | Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. |
| ГОСТ 24507-80 | Контроль неразрушающий. Поковки из черных и цветных металлов. Методы ультразвуковой дефектоскопии. | ГОСТ 28393-89 | Прутки и полосы из быстрорежущей стали, полученной методом порошковой металлургии. Общие технические условия. |
| ГОСТ 24982-81 | Прокат листовой из коррозионно-стойких, жаро-стойких и жаропрочных сплавов. Технические условия. | ГОСТ 28473-90 | Чугун, сталь, ферросплавы, хром, марганец металлические. Общие требования к методам анализа. |

- ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007 Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества AQL.
- ГОСТ Р 50779.10-2000 (ИСО 35341-93) Статистические методы. Вероятность и основы.
- ГОСТ Р 51685-2000 Рельсы железнодорожные. Общие технические условия.
- ГСССД 55-83 Стали для валков горячей и холодной прокатки. Механические и теплофизические характеристики.
- ГСССД 116-88 Коррозионно-стойкая сталь 10X13Г12С2Н2Д2 (ДИ 59). Условный предел длительной прочности при температурах 500...650°С.
- ОСТ 24.013.04-90 Валки стальные кованные листовых станов для горячей прокатки черных металлов. Технические условия.
- ОСТ 24.013.20-90 Валки стальные кованные для холодной прокатки металлов. Технические условия.
- ОСТ 24.013.21-85 Рабочие валки рельсобалочных, крупносортовых и проволочных обжимных и сортовых станов для горячей прокатки металлов, подвергающиеся интенсивному износу и работающие в условиях минимальных или умеренных ударных нагрузок.
- ОСТ 26-07-1419-76 Поковки, штамповки и заготовки проката для трубопроводной арматуры.
- ОСТ 95-10-72 Заготовки из коррозионно-стойких сталей марок 12X13, 20X13, 30X13, 40X13, 95X18, 14X17Н2, 07X16Н4Б и 07X16Н4Б-Ш.
- ОСТ 95-29-72 Заготовки из коррозионно-стойких сталей марок 12X18Н9Т, 12X18Н10Т, 08X18Н10Т, 10X17Н13М2Т, 12X18Н12Т и 03X21Н32М3Б.
- ОСТ 95-695-78 Реакторы ядерные, уран-графитовые, каналные типа РБМК. Общие и технические требования по коррозионной стойкости.
- ОСТ 108.004.101-80 Контроль неразрушающий. Люминесцентные, цветные и люминесцентно-цветные методы. Основные положения.
- ОСТ 108.020.03-82 Заготовки лопаток турбин и компрессоров штампованные из коррозионно-стойкой и жаропрочной стали. Общие технические условия.
- ОСТ 108.020.123-78 Заготовки лопаток турбин точноштампованные. Технические условия.
- ОСТ 108.030.01-75 Котлы паровые. Методика коррозионных испытаний.
- ОСТ 108.30.113-87 Поковки из углеродистой и легированной стали для оборудования и трубопроводов тепловых и атомных станций. Технические условия.
- ОСТ 108.30.118-78 Листы из стали марки 16ГНМА для барабанов котлов высокого давления. Технические условия.
- ОСТ 108.109.01-92 Заготовки корпусных деталей из коррозионно-стойких сталей аустенитного класса. Технические условия.
- ОСТ 108.236.01-86 Диафрагмы паровых стационарных турбин. Расчет на статическую прочность.
- ОСТ 108.901.01-79 Металлы. Методы испытаний на коррозионное растрескивание применительно к атомной и тепловой энергетике.

- ОСТ 108.901.102-78 Котлы, турбины и трубопроводы. Методы определения жаропрочности металлов.
- ОСТ 108.910.04-84 Стали для гидравлических турбин. Марки.
- ОСТ 108.910.06-85 Стали, сплавы и чугуны для газотурбинных стационарных установок. Марки.
- ОСТ 108.958.03-83 Поковки стальные для энергетического оборудования. Методика ультразвукового контроля.
- ОСТ 108.958.04-85 Поковки общего назначения для турбин и компрессоров. Технические условия.
- ОСТ 108.961.02-79 Отливки из углеродистых и легированных сталей для деталей паровых стационарных турбин с гарантированными характеристиками прочности при высоких температурах. Технические условия.
- ОСТ 108.961.03-79 Отливки из углеродистой и легированной стали для фасонных элементов паровых котлов и трубопроводов с гарантированными характеристиками прочности при высоких температурах. Технические условия.
- ОСТ 108.961.04-80 Отливки из углеродистых и легированных сталей, никелевых сплавов для деталей стационарных газовых турбин и компрессоров. Технические условия
- ОСТ 108.961.05-80 Заготовки роторов и дисков стационарных газовых турбин и компрессоров. Технические условия.
- ОСТ 108.961.07-83 Отливки для энергетического оборудования. Методика ультразвукового контроля.
- ОСТ 262.91-94 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия.
- ОСТ 1421-77 Заготовка трубная из углеродистых, низколегированных и легированных сталей. Технические условия.
- ОСТ 26291-94 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Марочник сталей и сплавов.** 2-е изд., исправл. и доп. / Зубченко А.С., Колосков М.М., Каширский Ю.В. и др. Под ред. А.С. Зубченко. М.: Машиностроение, 2003. 784 с.

2. **Марочник стали и сплавов для атомных энергетических установок.** /Под ред. И.Р. Крянина, Г.П. Федорцова-Лутикова. М.: ЦНИИТМАШ, 1971. 195 с.

3. **Масленков С.Б.** Жаропрочные стали и сплавы. Справочник. М.: Металлургия, 1983. 192 с.

4. **Стали и сплавы. Марочник.** Справ. изд. /Сорокин В.Г. и др. Науч. ред. В.Г. Сорокин, М.А. Гервасьев. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 608 с.

5. **Масленков С.Б., Масленкова Е.А.** Стали и сплавы для высоких температур. Справочное издание. В 2-х книгах. Кн. 1. М.: Металлургия, 1991. 383 с.

6. **Масленков С.Б., Масленкова Е.А.** Стали и сплавы для высоких температур. Справочное издание. В 2-х книгах. Кн. 2. М.: Металлургия, 1991. 832 с.

7. **Свойства конструкционных материалов атомной промышленности. Справочник в 8 т. Т.1. Корпусные материалы для АЭС.** /Каширский Ю.В., Дегтярев А.Ф., Меньшова Н.Ф. и др. Под ред. Вл.В. Козлова, С.В. Стрелкова. М.: ИЦ „Филин”, 2006. 280 с.

8. **Свойства конструкционных материалов атомной промышленности. Справочник в 8 т. Т.2. Крепежные материалы для АЭС.** /Каширский Ю.В., Дегтярев А.Ф., Меньшова Н.Ф. и др. Под ред. Вл.В. Козлова, С.В. Стрелкова. М.: ИЦ „Филин”, 2006. 312 с.

9. **Свойства конструкционных материалов атомной промышленности. Справочник в 8 т. Т.3. Стали и сплавы для трубопроводов АЭС.** /Дегтярев А.Ф., Каширский Ю.В., Козлов Вл.В. и др. Под ред. Вл.В. Козлова, С.В. Стрелкова. М.: ИЦ „Филин”, 2006. 256 с.

10. **Свойства конструкционных материалов атомной промышленности. Справочник в 8 т. Т.4. Стали и сплавы для насосов и арматуры АЭС.** / Дегтярев А.Ф., Каширский Ю.В., Козлов Вл.В. и др. Под ред. Вл.В. Козлова, С.В. Стрелкова. М.: ИЦ „Филин”, 2006. 240 с.

11. **Сварка в машиностроении.** Справочник в 4-х т. /Под ред. А.И. Акулова. Т. 2. М.: Машиностроение, 1978. 462 с.

12. **Балаховская М.Б., Надцина Л.В., Давлятова Л.Н.** Структура и свойства низколегированной стали для сосудов высокого давления. МиТОМ, 1982, № 11. С. 19–21.

13. **Неклюдов И.М., Ожигов Л.С., Пышный В.М.** Использование микрообразцов для оценки остаточного ресурса оборудования и трубопроводов реакторов ВВЭР. МиТОМ, 2003, № 12. С. 31–35.

14. **Попова Л.Е., Попов А.А.** Диаграммы превращения аустенита в сталях и β -раствора в сплавах титана. Справочник термиста. 3-е изд. М.: Металлургия, 1991. 500 с.

15. **Коррозионно-стойкие, жаростойкие и высокопрочные стали и сплавы.** Справ. изд. /Шлямнев А.П. и др. М.: Интермет Инжиниринг, 2000. 232 с.

16. **Справочник по авиационным материалам.** Т. III. Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали и сплавы. /Под ред. А.Т. Туманова. М.: Машиностроение, 1965. 632 с.

17. **Журавлев В.Н., Николаева О.И.** Машиностроительные стали. Справочник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 480 с.

18. **Турбины тепловых и атомных электростанций.** Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. /Костюк А.Г., Фролов В.В., Булкин А.Е., Трухний А.Д. Под ред. А.Г. Костюка, В.В. Фролова. М.: МЭИ, 2001. 488 с.

19. **Одесский П.Д., Ведяков И.И.** Малоуглеродистые стали для металлических конструкций. М.: Интермет Инжиниринг, 1999. 224 с.

20. **Марочник стали для машиностроения.** /Под общей редакцией О.В. Спасской. М.: НИИИМ, 1965. 596 с.

21. **Материалы в машиностроении.** Справочник в 5 т. Конструкционные стали. /Под общей редакцией И.В. Кудрявцева. Т. 2. М.: Машиностроение, 1987. 496 с.

22. **Баландин Ю.Ф., Горынин И.В., Звездин Ю.И., Марков В.Г.** Конструкционные материалы АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1984. 280 с.

23. **Трояновский Б.М.** Турбины для атомных электростанций. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1978. 232 с.
24. **Масленков С.Б., Ляпунов А.И., Зинченко В.М., Ушаков Б.К.** Энциклопедический справочник термиста-технолога. В 3-х т. Т. 2. М.: Наука и технология, 2004. 608 с.
25. **Масленков С.Б., Ляпунов А.И., Зинченко В.М., Ушаков Б.К.** Энциклопедический справочник термиста-технолога. В 3-х т. Т. 3. М.: Наука и технология, 2004. 704 с.
26. **Чепурко М.И., Остренко В.Я., Глускин Л.Я.** и др. Биметаллические материалы. Л.: Судостроение, 1984. 272 с.
27. **Неклюдов И.М., Ожигов Л.С., Пышный В.М.** Использование микрообразцов для оценки остаточного ресурса оборудования и трубопроводов реакторов ВВЭР. МиТОМ, 2003, № 12. С. 31–35.
28. **Машиностроение. Энциклопедия.** Т. IV–25. Кн. 1. Машиностроение ядерной техники. /Под ред. Е.О. Адамова. М.: Машиностроение, 2005. 960 с.
29. **Антикайн П.А.** Краткий справочник по металлам для оборудования и трубопроводов ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1991. 168 с.
30. **Масалева Е.Н., Пигрова Г.Д.** Фазовые превращения в высокохромной нержавеющей стали 0X11N10M2T. МиТОМ, 1976, № 9. С. 38–41.
31. **Шалаев А.М.** Структура и свойства металлов и сплавов. Свойства облученных металлов и сплавов. Справочник. Киев: Наукова думка, 1985. 308 с.
32. **Коррозия конструкционных материалов.** Газы и неорганические кислоты: Справочное издание. В 2-х книгах. Кн. 1. Газы и фреоны. Батраков В.В., Батраков В.П., Пивоварова Л.Н., Соболев В.В. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Интернет Инжиниринг, 2000. 344 с.
33. **Коррозия конструкционных материалов.** Газы и неорганические кислоты: Справочное издание. В 2-х книгах. Кн. 2. Неорганические кислоты. Батраков В.В., Батраков В.П., Пивоварова Л.Н., Соболев В.В. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Интернет Инжиниринг, 2000. 320 с.
34. **Быстрицкий Г.Ф.** Общая энергетика. М.: Изд. центр „Академия”, 2005. 208 с.
35. **Паршин А.М.** Структура, прочность и радиационная повреждаемость коррозионно-стойких сталей и сплавов. Челябинск: Металлургия, Челябинское отделение, 1988. 656 с.
36. **Михайлов-Михеев П.Б.** Справочник по металлическим материалам турбино- и моторостроения. М.: Машгиз, 1961. 838 с.
37. **Дегтярев А.Ф.** Коррозионно-стойкие литейные стали. Справочник. Инженерный журнал, 2001, № 11. С. 3–7, № 12. С. 6–12.
38. **Машиностроение. Энциклопедия.** Т. II–2. Стали. Чугуны. /Под ред. О.А. Банных, Н.Н. Александрова и др. М.: Машиностроение, 2000. 782 с.
39. **Металловедение и термическая обработка стали и чугуна.** Справочник. /Под ред. Н.Т. Гудцова, М.Л. Бернштейна, А.Г. Рахштадта. М.: Металлургиздат, 1956. 1205 с.
40. **Акшенцева А.П.** Металлография коррозионно-стойких сталей и сплавов. Справочник. М.: Металлургия, 1991. 287 с.
41. **Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А.** Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: МИСиС, 1999. 416 с.
42. **Машиностроение. Энциклопедия.** Т. II–3. Цветные металлы и сплавы. Композиционные металлические материалы. /Под общей редакцией И.Н. Фридляндера. М.: Машиностроение, 2001. 880 с.
43. **Зикеев В.Н.** Новые конструкционные стали, стойкие против водородного охрупчивания. Сталь, 1982, № 3. С. 64–67.
44. **Свойства конструкционных материалов атомной промышленности. Справочник в 8 т. Т. 5. Цветные сплавы и литейные стали для АЭС.** / Дегтярев А.Ф., Каширский Ю.В., Козлов Вл.В. и др. Под ред. Вл.В. Козлова, С.В. Стрелкова. М.: ИЦ „Филин”, 2008. 232 с.
45. **Свойства конструкционных материалов атомной промышленности. Справочник в 8 т. Т. 6. Материалы для РБН и теплообменных аппаратов АЭС.** / Каширский Ю.В., Дегтярев А.Ф., Козлов Вл.В. и др. Под ред. Вл.В. Козлова, С.В. Стрелкова. М.: ИЦ „Филин”, 2009. 248 с.

46. **Свойства конструкционных материалов атомной промышленности. Справочник в 8 т. Т. 7. Материалы для изготовления турбин и электротехнического оборудования АЭС.** / Дегтярев А.Ф., Каширский Ю.В., Козлов Вл.В. и др. Под ред. Вл.В. Козлова, С.В. Стрелкова. М.: ИЦ „Филин”, 2008. 256 с.
47. **Свойства конструкционных материалов атомной промышленности. Справочник в 8 т. Т. 8. Сварочные материалы для АЭС.** / Каширский Ю.В., Дегтярев А.Ф., Козлов Вл.В. и др. Под ред. Вл.В. Козлова, С.В. Стрелкова. М.: ИЦ „Филин”, 2009. 314 с.
48. **Основы современной энергетики.** В 2-х частях. /Под общей редакцией Е.В. Аметистова. Ч. 2. Современная энергетика. /Под ред. А.П. Бурмана и В.А. Строева. М.: МЭИ, 2003. 454 с.
49. **Коровин Ю.А., Мурогов В.М.** Современные проблемы ядерной энергетики. Обнинск: ИАТЭ, 2006. 224 с.
50. **Григорьев В.И., Киреева Э.А., Быстрицкий Г.Ф.** и др. Справочник энергетика. /Под ред. А.Н. Чохонелидзе. М.: Колос, 2006. 488 с.
51. **Ланин А.А., Балина В.С.** Жаропрочные металлы и сплавы. Справочные материалы. СПб.: Энерготех, 2006. 224 с.
52. **Ковпак В.И.** Прогнозирование жаропрочных металлических материалов. Киев: Наукова думка, 1981. 240 с.
53. **Голубчик Р.М., Зайцева А.В., Качалин А.А.** и др. Конструкционные материалы в энергетике. /Под ред. В.М. Качалова. М.: МЭИ, 1992. 102 с.
54. **Валейка М.Е., Паромов В.В., Ткачевская С.Д.** Материалы и термическая обработка ответственных поковок энергомашиностроения. Л.: ЛПИ, 1989. 65 с.
55. **Бабинкова Н.С., Лопатников С.Н., Форостов В.М.** Энергетические установки электростанций. Ч. 2. Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001, 136 с.
56. **Колесов С.Н., Колесов И.С.** Материаловедение и технология конструкционных материалов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2007. 535 с.
57. **Теплоэнергетика и теплотехника. Справочник в 4-х книгах.** /Под общей редакцией А.В. Клименко и В.М. Зорина. 4-е изд. М.: МЭИ, 2007. Кн. 1. Общие вопросы. 528 с. Кн. 3. Тепловые и атомные электростанции. 648 с.
58. **Сичиков М.Ф.** Металлы в турбостроении. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1974. 288 с.
59. **Кратович Л.Ф.** Технология конструкционных материалов в энергомашиностроении. СПб.: Изд. ПИМаш, 1992. 95 с.
60. **Бескоровайный Н.М., Калинин Б.А., Платонов П.А., Чернов И.И.** Конструкционные материалы ядерных реакторов. М.: Энергоатомиздат, 1995. 704 с.
61. **Справочник по гидротурбинам.** / Андреев В.Б., Броновский Г.А., Веремеенко И.С. и др. Под общ. ред. Н.Н. Ковалева. Л.: Машиностроение, 1984. 496 с.
62. **Чернышев Е.А.** Литейные стали и их зарубежные аналоги. Справочник. М.: Машиностроение, 2006. 336 с.
63. **Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Пирайнен В.Ю.** Специальные материалы в машиностроении. Учебник для вузов. СПб.: Химиздат, 2004. 600 с.
64. **Анциферов В.Н., Бездудный Ф.Ф., Белянчиков Л.Н.** и др. Новые материалы. /Под научной ред. Ю.С. Карабанова. М.: МИСИС, 2002. 736 с.
65. **Крянин И.Р.** Металлы для гидротурбин. М.: Машиностроение, 1969. 231 с.
66. **Дегтярев А.Ф.** Высокопрочные коррозионно-стойкие хорошосвариваемые стали для гидротурбин. Изобретатели – машиностроению, № 4. М.: Виращ-Центр, 1999. С. 40–44.
67. **Дегтярев А.Ф.** Исследование физико-механических свойств стали 10X12HДЛ и разработка режимов термической обработки сварных рабочих колес гидротурбин. Труды ЦНИИТМАШ, № 221. М.: 1990. С. 50–58.
68. **Дегтярев А.Ф.** Физико-механические свойства стали 05X14H5DM в интервале температур 77–293К. Труды ЦНИИТМАШ, № 228. М.: 1992. С. 40–55.
69. **Дегтярев А.Ф., Крянин И.Р., Рымкевич А.И.** Влияние режимов термической обработки на свариваемость стали 10X12HДЛ. Труды ЦНИИТМАШ, № 227. М.: 1991. С. 27–35.
70. **Дегтярев А.Ф., Меньшова Н.Ф.** Разработка режима термической обработки литых лопаток из стали 20ГСФЛ применительно к дымососу ДОД-31.5. Труды ЦНИИТМАШ, № 224. М.: 1991. С. 117–133.

71. **Иодковский С.А., Рымкевич А.И., Дегтярев А.Ф.** Отливки и поковки из стали 10X12НД. Труды ЦНИИТМАШ, № 217. М.: 1990. С. 43–92.
72. **Бабушкина Г.И., Дегтярев А.Ф., Иодковский С.А., Ломакин П.А.** Поковки из стали марки 05X14H5DM. Труды ЦНИИТМАШ, № 218. М.: 1990. С. 4–40.
73. **Дегтярев А.Ф., Осташ О.П., Куновский А.Б.** Исследование влияния фазового состава сталей типа 05X14H5DM на низкотемпературную трещиностойкость. Труды ЦНИИТМАШ, № 228. М.: 1992. С. 23–39.
74. **Осташ О.П., Дегтярев А.Ф., Куновский А.Б.** Низкотемпературная циклическая трещиностойкость сталей в высокопрочном состоянии. ФХММ, № 2. Львов: 1991. С. 62–67.
75. **Валов Е.Г., Дегтярев А.Ф., Алешечкина Г.Н.** Разработка и совершенствование сталей для гидротурбостроения. Энергомашиностроение, № 5. М.: 1987. С. 44–45.
76. **Тепловые и атомные электростанции. Справочник.** /Абрамов В.И., Бартоломей Г.Г., Бисярин А.Н. и др. Под общей ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. 2-е изд., перераб. М.: Энергоатомиздат, 1989. 604 с.
77. **Стерман Л.С., Лавылин В.М., Тишин С.Г.** Тепловые и атомные электростанции. Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. М.: МЭИ, 2004. 424 с.
78. **Бугов А.У., Коновалов А.Б.** Гидроэлектростанции. СПб.: 1995. 114 с.
79. **Уайэтт Л.М.** Материалы ядерных энергетических установок. М.: Атомиздат, 1979. 256 с.
80. **Острейковский В.А.** Эксплуатация атомных станций. М.: Энергоиздат, 1999. 928 с.
81. **Титановые сплавы.** РТМ, ч. 1. М.: ОНТИ, 1959. 126 с.
82. **Горынин И.В., Чечулин Б.Б.** Титан в машиностроении. М.: Машиностроение, 1990. 400 с.
83. **Неверова-Скобелева Н.П., Проворная А.Е., Славина И.И.** и др. Повышение ударной вязкости сплавов ОТЧ и ОТЧ-1 термической обработкой. МиТОМ, 1963, № 2. С. 45–49.
84. **Международный транслятор современных сталей и сплавов.** /Под ред. В.Я. Кершенбаума. Т. 2. М.: Интак, 1992. 556 с.
85. **Международный транслятор современных сталей и сплавов.** /Под ред. В.Я. Кершенбаума. Т. 3. М.: Интак, 1993. 638 с.
86. **Займовский А.С., Никулина А.В., Решетников Н.Г.** Циркониевые сплавы в атомной энергетике. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1994. 256 с.
87. **Конструкционные материалы ядерных реакторов. Часть II. Структура, свойства, назначение.** /Под ред. Н.М. Бескоровайного. М.: Атомиздат, 1997. 256 с.
88. **Васильев Ю.С., Саморуков И.С., Хлебников С.Н.** Основное энергетическое оборудование гидроэлектростанций. Состав и выбор основных параметров. СПб.: СПбТУ, 2002. 134 с.
89. **Energy, electricity and nuclear power estimates for the period up to 2015.** / IAEA. Reference data series N 1, Austria, Vienna: 1992.
90. **Шипша В.Г.** Титан и титановые сплавы. Металлы и сплавы. Справочник. СПб.: НПО Профессионал, 2003. С. 697–715.
91. **Богачев И.Н.** Кавитационное разрушение и кавитационностойкие сплавы. М.: Металлургия, 1972. 192 с.
92. **Основы современной энергетики.** Учебник для вузов. В 2-х частях. Ч. 1. Современная теплоэнергетика. Трухний А.Д., Макаров А.А., Клименко В.В. Под общ. ред. Е.В. Алметьева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МЭИ, 2003. 376 с.
93. **Гуляев А.П.** Металловедение. Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1986. 542 с.
94. **Рыжкин В.Я.** Тепловые электрические станции. Под ред. В.Я. Гиришфельда. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1987. 327 с.
95. **Трояновский Б.М., Филиппов Г.А., Булкин А.Е.** Паровые и газовые турбины атомных электростанций. Учебное пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1985. 256 с.
96. **Азбукин В.Г., Баландин Ю.Ф., Павлов В.Н.** и др. Коррозионно-стойкие стали и сплавы для оборудования и трубопроводов. /Под ред. Р.К. Мелехова. Киев: Наукова думка. 1983. 142 с.
97. **Нормы американского общества инженеров-механиков для котлов и сосудов высокого давления.** Раздел 8, ч. 1. М.: 1973. 178 с.

98. **Антикайн П.А., Яковлев В.В.** Стали для крепежных деталей, используемых в отечественной энергетике и за рубежом. Технология, организация производства и управление. (ЦНИИТЭИтяжмаш), 1988, № 11. 38 с.
99. **Шпаков О.Н.** Азбука трубопроводной арматуры. СПб.: 2003. 217 с.
100. **Антикайн П.А., Зыков А.К., Зверьков Б.В.** Изготовление и ремонт объектов котлонадзора. Справочное издание. М.: Металлургия, 1988. 624 с.
101. **Моисеев А.А.** Эксплуатация труб из аустенитных сталей на электростанциях. М.: Энергоатомиздат, 1983. 152 с.
102. **Острейковский В.А.** Теория и расчет надежности трубопроводов большого диаметра атомных станций. Обнинск: Обнинский институт атомной энергетики, 1991. 126 с.
103. **Антикайн П.А.** Металлы оборудования и трубопроводов АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1984. 104 с.
104. **Паротурбинные установки атомных электростанций.** /Под ред. Ю.Ф. Косяка, М.: Энергия, 1978. 312 с.
105. **Моторин А.В., Распопов И.В., Фурсов И.Д.** Паровые турбины. В 2-х частях. Ч. 1. Барнаул: АлтГТУ, 2005. 126 с.
106. **Моторин А.В., Распопов И.В., Фурсов И.Д.** Паровые турбины. В 2-х частях. Ч. 2. Барнаул: АлтГТУ, 2005. 127 с.
107. **Ивабути Йоситака, Тибо Иобуо.** Жаропрочная литейная сталь, имеющая высокое сопротивление ползучести. К.К. Ниппон о икосё. Заявка 61-12855. Япония. Заявка 29.06.84, № 59-132862. МКИ С 22С 38/44, С 22С 38/58.
108. **Miyasaki Matsuo, Watanabe Osamu, Jamada Masayuki.** Карёку ГЭН. Хацудэн, Therm. and Nucl. Power N 1. 65-72 p.
109. **Йосиоки Такатоси, Кирикара Сигэнобу, Сига Масао** и др. К.К.Хитати сэйсакусё. Заявка 59-89752, Япония. Заявка 15.11.82, Т 57-19822. МКИ С 22С 38/48, В 23К 35/22.
110. **Tsuchiya Tomohiro.** Тэцу то хаганэ. J.Iron and Steel Inst./ Japan. 1987, 73, N 13, 1349 p.
111. **Material development in forget turbine shafts.** Steel Times. 1990. 312-314, 319 p.
112. **Хромченко Ф.А.** Сварочные технологии при ремонтных работах. Справочное издание. М.: Интернет Инжиниринг, 2005. 368 с.
113. **Хромченко Ф.А.** Ресурс сварных соединений паропроводов. М.: Машиностроение, 2002. 352 с.
114. **Вегст К., Вегст М.** Ключ к сталям. / Под ред. Э.Ю. Колпишона — СПб.: Профессия, 20-е изд. 2006. 724 с.
115. **Bubert A.** Stahlguss – neue Werkstoffinnovationen für Kraftwerke. Austria. Giesserei-Rundschau 50. Heft 1–2. 2003. 2–4 p.
116. **Дегтярев А.Ф.** Литейные конструкционные нелегированные стали. Зарубежные аналоги. Справочник. Инженерный журнал, 1999, № 6. С. 3–5, № 7. С. 5–8, № 8. С. 9–10.
117. **Дегтярев А.Ф.** Литейные конструкционные легированные стали. Зарубежные аналоги. Справочник. Инженерный журнал, 1999, № 11. С. 5–8, № 12. С. 6–12.
118. **Назаратин В.В.** Технология изготовления стальных отливок ответственного назначения. М.: Машиностроение, 2006. 234 с.
119. **Каширский Ю.В., Колосков М.М.** Информационный банк по машиностроительным и энергетическим материалам и режимам обработки. М.: Технология машиностроения, № 1, 2000. С. 44–54.
120. **Прецизионные сплавы. Справочник.** / Под ред. Б.В. Молотилова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1983. 486 с.
121. **Супов В.А., Канев В.П., Одесский П.Д.** и др. Металловедение и термическая обработка стали и чугуна. Справочное издание. Под ред. А.Г. Рахштадта, Л.М. Капуткиной, С.Д. Прокошкина, В.А. Супова. Т. 3. Термическая и термомеханическая обработка стали и чугуна. М.: Интернет инжиниринг, 2007. 920 с.
122. **Алексеев М.Ф.** Структура и свойства теплостойких конструкционных и нержавеющей сталей. М.: Оборонгиз, 1962. 216 с.
123. **Андреева В.В., Бернштейн М.Л., Займовский В.А.** и др. Термомеханическая обработка сортового проката конструкционных сталей // Сталь, 1975, № 8. С. 740–743.
124. **Антикайн П.А.** Краткий справочник по металлам для объектов котлонадзора. М.: НПО ОБТ, 1998. 196 с.

125. **Антикайн П.А.** Металлы и расчет на прочность котлов и трубопроводов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 367 с.
126. **Анциферов В.Н., Акименко В.Б., Гревнов Л.М.** Порошковые легированные стали. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1991. 318 с.
127. **Арсов Л.Б.** Стальные отливки. М.: Машиностроение, 1977. 176 с.
128. **Бабушкина Г.И., Крянин И.Р.** Анализ показателей свойств крупных отливок из нержавеющей стали для гидротурбин // Труды ЦНИИТМАШ, № 101. М. 1972. С. 42–49.
129. **Бадаева А.А.** Свойства и термическая обработка стали Х6ВФ (ЭИ 808). Сб. тр. / Под ред. Е.И. Малинкиной. М.: Машгиз, 1960.
130. **Башнин Ю.А., Лисицкая Л.А., Куликов Е.С.** Влияние режима термообработки на прочность и пластичность пружинной стали 85. МиТОМ. 1982. № 2. С. 28–30.
131. **Бирюкова В.Н.** Изотермическая закалка инструментальных сталей. МиТОМ. 1965. № 9. С. 53–57.
132. **Большаков В.И.** Термическая обработка строительной стали повышенной прочности. М.: Металлургия, 1977.
133. **Большаков В.И., Пилипченко Ю.И., Спиваков В.И.** Влияние упрочняющей термической обработки на конструктивную прочность низколегированных сталей. МиТОМ. 1980. № 1. С. 36–39.
134. **Борздыка А.М., Балакина И.А.** Механические свойства жаропрочных сталей. М.: 1962. 10 с. (Московский институт стали; Сб. 27).
135. **Борздыка А.М., Цейтлин В.З.** Термическая обработка жаропрочных сталей и сплавов. М.: Машиностроение, 1964. 247 с.
136. **Бородулин Г.М., Мошкевич Е.И.** Нержавеющая сталь. М.: Металлургия, 1973. 319 с.
137. **Браун М.П., Винокур Б.В., Мирровский Э.Н.** и др. Влияние условий горячей обработки на свойства крупных изделий // Кузнечно-штамповочное производство. 1960. № 4. С. 8–12.
138. **Браун М.П.** и др. Механические свойства, теплоустойчивость и теплообработка: Тематический обзор. Киев: Институт технической информации, 1962. 210 с.
139. **Буркин В.С., Шипунов В.С., Михеева Н.Н.** Высокоуглеродистые коррозионно-стойкие теплопрочные стали для подшипников качения. М.: Изд. ЦНИИЭавтопром, 1990. 72 с.
140. **Бух А.** Корреляционная связь между пределом усталости, пределом прочности и другими механическими характеристиками сталей и сплавов. МиТОМ. 1962. № 10. С. 28–37.
141. **Валки** холодной прокатки / Под ред. В.Н. Новикова. Труды ЦНИИТМАШ, № 95. М., 1990. 70 с.
142. **Василевский П.Ф., Демаков А.Е., Плеханов П.Н.** и др. Справочник литейщика. Фасонное стальное литье. Под редакцией Н.Н. Рубцова. М.: Машгиз, 1962. 608 с.
143. **Вегст Ц.В.** Ключ сталей. М.: Гипрохим, 15-е изд. 1992, 582 с.
144. **Wegst C.W.** Stahlschlüssel. Marbach, Stahlschlüssel Wegst GmbH, 16-th Edition. 1992. 613 p.
145. **Wegst C.W.** Stahlschlüssel. Marbach, Stahlschlüssel Wegst GmbH, 17-th Edition. 1995. 636 p.
146. **Wegst C.W.** Stahlschlüssel. Marbach, Stahlschlüssel Wegst GmbH, 18-th Edition. 1998. 686 p.
147. **Вершинская А.Д.** Влияние химического состава и структуры жаропрочных сплавов на их обрабатываемость // Труды ЦНИИТМАШ, № 17, М., 1961. С. 21–26.
148. **Викунин А.В., Солнцев Ю.П., Коджаспиров Г.Е.** и др. Трещиностойкость сталей низкой и средней прочности. МиТОМ. 1983, № 8. С. 5–8.
149. **Вольнова Т.Ф.** Высокомарганцовистые стали и сплавы. М.: Металлургия, 1988. 342 с.
150. **Вороненко В.И.** Коррозионно-стойкие ферритно-аустенитные стали. Итоги науки и техники. Металловедение и термическая обработка. Т. 22. М.: 1998. С. 41–95.
151. **Воронина В.А., Маслов А.А., Вишнякова Е.Н.** и др. Литые прокатные валки из низколегированной заэвтектидной стали. // Литейное производство. 1981. № 3. С. 31–32.
152. **Выбор** и опробование высокопрочных сталей для валков широкополосного стана (УБС). УЗТМ. Свердловск, 1974. 80 с.

153. **Высокопрочная** арматурная сталь / А.А. Кугушкин, И.Г. Узлов, В.В. Калмыков и др. М.: Металлургия, 1986. 272 с.
154. **Вязников Н.Ф., Ермаков С.С., Солдатова Н.Н.** Цементация хромистой нержавеющей стали. МиТОМ. 1960. № 3. С. 11–13.
155. **Гедеон М.В.** и др. Термическая обработка валков холодной прокатки. М.: Металлургия, 1973. 344 с.
156. **Гейвандов Э.А., Рыдник В.И.** Автоматизированные банки данных по свойствам веществ и материалов за рубежом. Обзор. М.: Госстандарт СССР, ВНИИКИ, 1977.
157. **Геллер Ю.А.** Инструментальные стали. 4-е изд. перераб. и доп. М.: Металлургия, 1975. 584 с.
158. **Гладштейн Л.И., Литвиненко Д.А.** Высокопрочная строительная сталь. М.: Металлургия, 1972. 240 с.
159. **Голованенко С.А., Фонштейн Н.М.** Двухфазные низколегированные стали. М.: Металлургия, 1986. 206 с.
160. **Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г.** Специальные стали. Изд. 2-е перераб. и допол. М. МИСиС, 1999. 408 с.
161. **Грачев С.В., Бараз В.Р.** Теплостойкие и коррозионно-стойкие пружинные стали. М.: Металлургия, 1989. 149 с.
162. **Громова А.И.** и др. Коррозионная стойкость реакторных материалов. Справочник / Под ред. В.В. Герасимова. М.: Атомиздат, 1966. 606 с.
163. **Гудков В.Н.** Компьютерные технологии для успешного металлоторгового бизнеса, М.: Металлоснабжение и сбыт, 1998. № 3. С. 56–58.
164. **Гудков С.И.** Механические свойства стали при низких температурах. Справочник. М.: Металлургия, 1967. 267 с.
165. **Гудремон Э.** Специальные стали. Пер. с нем. 2-е изд. М.: Металлургия, 1966. Т. 1, 736 с.; Т. 2, 737–1274 с.
166. **Гулько В.И., Войцеховский В.А.** Производство профилей и проволоки в роликовых волоках. Ижевск. Удмуртия, 1989. 132 с.
167. **Гуляев А.П.** Выбор сталей для деталей машин. (Основные положения). М.: Металловедение и термическая обработка металлов, 1983. № 1. С. 54–59.
168. **Гуляев А.П., Астафьев А.С., Волков М.А.** и др. Высокопрочные арматурные стали. М.: Металлургия, 1966. 139 с.
169. **Гуляев А.П., Жадан Т.А.** Новые низколегированные нержавеющие стали. М.: Машиностроение, 1972. 104 с.
170. **Гуляев А.П., Малинина К.А., Саверина С.М.** и др. Инструментальные стали: Справочник, 2-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1975. 272 с.
171. **Гуторова В.Л., Бабенко Л.Д., Коваленко В.С.** Свойства толстолистовой кислородно-конвертерной стали 16ГС и 15К. Сталь, 1970. № 9. С. 838–840.
172. **Дегтярев А.Ф.** Высоколегированная коррозионно-стойкая сталь для крупных отливок валов бумагоделательных машин // Изобретатели – машиностроению. НТП “Выраж – Центр”. 1999. № 4. С. 45.
173. **Дегтярев А.Ф.** Литейные износостойкие стали // Справочник. Инженерный журнал. М.: Машиностроение, 2000, № 1 [34]. С. 2–4.
174. **Дегтярев А.Ф.** Нелегированные инструментальные стали. Зарубежные аналоги // Справочник. Инженерный журнал. М.: Машиностроение, 2003, № 1. С. 9–17.
175. **Degtiarev A., Merinov P., Oshepkov V.** High strength corrosion-resistant weldable steels. Supermartensitic stainless steels'99. Brussels – Belgium. May 27–28, 1999. P. 33–40.
176. **Дегтярев А.Ф., Мирзоян Г.С., Акубов Г.С.** и др. Сталь. Авторское свидетельство СССР № 1475969, кл. С22С 38/50. 1987.
177. **Дегтярев А.Ф., Мирзоян Г.С., Герливанов Е. В.** и др. Коррозионно-стойкая сталь. Патент РФ № 1710594, кл. С22С 38/48. 1989.
178. **Денисенко Э.Т.** Некоторые зарубежные информационные системы по веществам и материалам. Обзор. М.: ВНИЦ ГСССД, Институт материаловедения АН УССР, 1980.
179. **Дефекты стали.** С.М. Новокщенова, М.И. Виноград, Б.А. Клыпин и др.: Справочник / Под ред. С.М. Новокщеновой и М.И. Виноград. М.: Металлургия, 1984. 201 с.
180. **Диаграммы горячей деформации, структура и свойства сталей:** Справочник / Под ред. М.Л. Бернштейна. М.: Металлургия, 1989. 242 с.

181. **Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа:** О.А. Банных, П.Б. Будберг, С.П. Алисова и др. / Под ред. О.А. Банных и М.Е. Дрица. Справочник, М.: Металлургия, 1986. 440 с.
182. **Марукович Е.И., Карпенко М.И.** Износостойкие сплавы. М.: Машиностроение, 2005. 428 с.
183. **Дьяков В.Г., Медведев Ю.С., Абрамов З.А.** и др. Легированные стали для нефтехимического оборудования. М.: Машиностроение, 1971. 183 с.
184. **Дятлова В.Н.** Коррозионная стойкость металлов и сплавов: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1964. 351 с.
185. **Жаропрочные и жаростойкие стали и сплавы на никелевой основе.** М.: Наука, 1984. 243 с.
186. **Жаропрочные сплавы для газовых турбин.** М.: Металлургия, 1981. 480 с.
187. **Жаростойкая и жаропрочная хромомарганцевая сталь ДИ59** / Под ред. А.В. Рябенкова, Е.В. Кузнецова. Сб. Труды ЦНИИТМАШ, № 207. М. ОНТИ, 1988. 79 с.
188. **Задорожная Л.К., Добрускина Ш.Р., Курманов М.И.** Свойства стали, упрочненной легированием или термической обработкой. МиТОМ, 1972. № 5. С. 47–50.
189. **Зайцев Г.З., Доможиров Л.И.** Усталостная и коррозионно-усталостная прочность стали 00X12H3ДЛ // Труды ЦНИИТМАШ, № 119. М., 1974. С. 62–66.
190. **Зарапин Ю.Л., Попов В.Д., Чиченов Н.Д.** Стали и сплавы в металлургическом машиностроении: Справочник. М.: Металлургия, 1980. 144 с.
191. **Зубченко А.С., Гришин И.В., Томина С.П., Баландин И.М.** Новые сваривающиеся нержавеющие ферритные стали и сварочные материалы. Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Повышение эффективности и качества сборочно-сварочных работ в химическом и нефтяном машиностроении", М., 1981. С. 46–47.
192. **Изыскание, исследование и промышленное освоение стали, устойчивой против коррозионного растрескивания** / Под ред. И.Р. Крянина и А.В. Рябенкова. Сб. научных работ ЦНИИТМАШ, № 69–70, М. ОНТИ, 1967. 172 с.
193. **Инструментальные стали:** Справочник / Л.А. Позняк, С.И. Тишаев, Ю.М. Скрынченко и др. М.: Металлургия, 1977. 168 с.
194. **Исследование влияния условий перекристаллизации на длительность режимов термообработки крупных поковок из легированных конструкционных сталей.** Краматорск: НИИПТмаш, 1978. 136 с.
195. **Исследование и освоение рациональной технологии изготовления рабочих валков холодной прокатки по всему циклу производства с целью улучшения их качества и повышения эксплуатационных свойств.** М.: ЦНИИТМАШ, 1969.
196. **Исследование основных характеристик сталей, выплавляемых Уралмашзаводом.** УЗТМ. Свердловск, 1958.
197. **Исследование причин повреждения рабочего слоя валков листовых станов и разработка мероприятий по повышению качества валков.** Свердловск. НИИТЯЖМАШ, 1980.
198. **Исследование теплофизических свойств 20 марок стали:** УПИ. Свердловск, 1978. 52 с.
199. **Йех Я.** Термическая обработка стали: Справочник. Перевод с чешского / Под ред. Ю.Г. Андреева и В.Б. Фридман. 3-е изд., исправ. и доп. М.: Металлургия, 1979. 264 с.
200. **Кастилло А.П., Мишель Г.М., Роджерс Дж.К.** Сплав 86 – новая коррозионно-стойкая сталь с двухфазной структурой. Перевод с англ. Киев. Торгово-промышленная палата УССР, 1989. 26 с.
201. **Касум-заде Н.Г.** Коррозионно-стойкие стали для промышленности нефтехимического синтеза. Азерб. гос. изд. Баку, 1962. 208 с.
202. **Качалкин Г.С., Недосугов Ю.Д., Качалкин В.Г.** Литые жаропрочные стали с пониженным содержанием никеля. МиТОМ. 1972. № 6. С. 57–58.
203. **Качанов Н.Н.** Прокаливаемость стали. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1978. 192 с.
204. **Каширский Ю.В., Добровольский В.Е.** Создание банка данных по энергомашиностроительным материалам. Доклады семинара "Повышение надежности и долговечности металла основного оборудования ТЭС". Киев, 1994.

205. **Каширский Ю.В., Колосков М.М.** Банк данных по машиностроительным материалам. Труды 4-го международного симпозиума по трибофатике. Тернополь: Тернопольский технический университет. Т. 2, 2002. С. 819–825.
206. **Каширский Ю.В., Колосков М.М.** Информационный банк по машиностроительным и энергетическим материалам. Труды международной конференции "Оценка и обоснование продления ресурса элементов конструкций". Киев, 2000. С. 607–614.
207. **Каширский Ю.В., Колосков М.М.** Информационный банк по машиностроительным материалам и режимам обработки. М.: Тяжелое машиностроение, № 4, 2000. С. 12–19.
208. **Келоглу Ю.П., Захариевич К.М., Каргашевская М.И.** Металлы и сплавы: Справочник. Издание 2-е исправл. и дополн. Кишинев. Карта Молдовенияска, 1977. 264 с.
209. **Кириллова О.М.** Перспективы развития и применения новых инструментальных материалов. М.: Энергомашиностроение, 1982, № 12. С. 34.
210. **Ковка и штамповка.** Справочник / Под редакцией Е.Н. Семенова. Т. 1. М.: Машиностроение, 1985. 568 с.
211. **Колесник Б.П., Талалай Г.П.** Термическая обработка труб нефтяного сортамента из высокохромистой стали. МиТОМ, 1968, № 8. С. 53–55.
212. **Колосков М.М., Каширский Ю.В.** Разработка банка данных по машиностроительным материалам. Труды второго всесоюзного научно-практического семинара по автоматизации инженерного труда "Жизнь и компьютер". Харьков, 1991. С. 49–52.
213. **Конструкционные материалы.** Справочник / Под редакцией Б.Н. Арзамасова. М.: Машиностроение, 1990. 689 с.
214. **Конструкционные стали** (Справочные данные). Сталь 12ХН3А. МиТОМ. 1981, № 2. С. 31–33.
215. **Конструкционные стали** (Справочные данные). Сталь 18ХГТ. МиТОМ. 1970, № 2. С. 39–43.
216. **Конструкционные стали** (Справочные данные). Сталь 34ХН1М. МиТОМ. 1978, С. 13–15.
217. **Конструкционные стали** (Справочные данные). Сталь 38Х2Н2МА. МиТОМ. 1983, № 10. 34 с.
218. **Коррозионно-стойкие конструкционные материалы для энергетического машиностроения** / Под ред. А.В. Рябченкова. Сб. Труды ЦНИИТМАШ, № 143. М.: ОСИЦ, 1978. 115 с.
219. **Коррозионно-стойкие стали и сплавы для оборудования и трубопроводов АЭС** / В.Г. Азбукин, Ю.Ф. Баландин, В.Н. Павлов и др. Киев: Наукова думка, 1983. 144 с.
220. **Кошелев П.Ф., Беляев С.Е.** Прочность и пластичность конструкционных материалов при низких температурах: Справочное пособие. М.: Машиностроение, 1967. 364 с.
221. **Критерии обрабатываемости и режимы резания авиационных материалов.** НИАТ, Труды института, № 281, 1969. С. 29.
222. **Крянин И.Р., Бабушкина Г.И.** Высокопрочная нержавеющая сталь для крупных отливок атомного машиностроения // Труды ЦНИИТМАШ, № 150. М. 1979. С. 5–12.
223. **Крянин И.Р., Бабушкина Г.И., Дегтярев А.Ф.** Особенности отпуска нержавеющей стали 0Х12НДЛ // Труды ЦНИИТМАШ, № 112. М. 1973. С. 41–45.
224. **Крянин И.Р., Дубровский А.М.** Технологические особенности производства литья из нержавеющей стали 00Х12Н3ДЛ // Труды ЦНИИТМАШ, № 150. М. 1979. С. 37–45.
225. **Чернышов Е.А.** Литейные сплавы и их зарубежные аналоги: Справочник. М.: Машиностроение, 2006. 336 с.
226. **Кузнецов Е.В., Чечель Л.А., Максимов А.И., Рябченков А.В.** Механизм высокотемпературной коррозии в продуктах сгорания серосодержащих топлив. Влияние минеральной части энергетических топлив на условия работы паровых котлов. Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции, т. III. Секция 2. Таллин, Таллинский политехнический институт, 1986. С. 70–76.
227. **Кузнецов Е.В., Чечель Л.А., Школьникова Б.Э.** Жаростойкая, жаропрочная аустенитная хромомарганцевая сталь для труб поверхностей нагрева котлоагрегатов. Изобретатели – машиностроению, 2000. № 2. С. 57.

228. **Ларионов В.П., Семенов Я.С.** Физические основы вязкохрупкого перехода низколегированных сталей и сплавов железа. Новосибирск: Наука, 1992. 170 с.
229. **Левин Е.Е.** Современные лопаточные и дисковые материалы для газотурбинных установок // *МиТОМ*, 1966, № 1. С. 67–70.
230. **Лейкин И.М., Чернашкин В.Г.** Низколегированные строительные стали. М.: Металлургиздат, 1952. 395 с.
231. **Лейкин И.М.** и др. Производство и свойства низколегированных сталей. М.: Металлургия, 1972. 256 с.
232. **Либерман П.Я., Пейсихис М.И.** Справочник по свойствам сталей, применяемых в котлотурбостроении / Под ред. А.А. Канаева. 2-е изд. М.–Л.: Машиностроение, 1958. 408 с.
233. **Лившиц Л.С., Левин С.М.** Стали для оборудования нефтяной и газовой промышленности: Справочное пособие. М.: Недра, 1995. 287 с.
234. **Литая сталь для подвижного состава:** Сборник статей. (Труды всесоюзного науч.-исследоват. ин-та жел.-дор. транспорта. Вып. 130). М.: Гранжелдориздат, 1957. 128 с.
235. **Людвиг А., Прокша Ф.** Международное сопоставление стандартных марок стали: Справочник. М.: Издательство стандартов, 1991. 336 с.
236. **Мамонтова Т.А., Никулин Б.А., Плотников Г.Н.** и др. Изготовление отливок из стали 14X2ГМРЛ // *Литейное производство*, 1984, № 11. С. 10–11.
237. **Манакин А.М.** и др. Крупные стальные отливки. М.: Машиностроение, 1969. 215 с.
238. **Марочник сталей, выплаваемых Уралмашзаводом.** НИИтяжмаш УЗТМ. Свердловск: УЗТМ, 1975. 125 с.
239. **Марочник сталей, применяемых в станкостроении** // Е.М. Морозова и Э.Д. Спивак. 2-е изд., исправ. и доп. М.: ЦБТИ, 1958. 151 с.
240. **Марочник сталей.** М.: ЦБТИ, 1961. 303 с.
241. **Марочник стали для машиностроения** / Е.П. Унксов, И.Р. Крянин, Е.П. Могилевский и др. М.: ЦНИИТМАШ, 1965. 594 с.
242. **Марочник стали для машиностроения** / Е.П. Унксов, И.Р. Крянин, Е.П. Могилевский и др. 2-е изд. М.: НИИИнформации по машиностроению, 1968. 598 с.
243. **Марочник сталей и сплавов** / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др. Под ред. В.Г. Сорокина. М.: Машиностроение, 1989. 639 с.
244. **Масино М.А., Алексеев В.Н., Мотовилин Г.В.** и др. Автомобильные материалы: Справочник инженера-механика. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1979. 288 с.
245. **Масло Л.Н., Конышев В.Н.** Термическая обработка калиброванного проката конструкционных сталей и легированной пружинной проволоки после ВТМО. Термическая обработка проката, М.: Металлургия, 1983. С. 75–76.
246. **Материалы в машиностроении.** Т. 3. Специальные стали и сплавы: Справочник / Под ред. И.В. Кудрявцева, Ф.Ф. Химушина. М.: Машиностроение, 1968. 446 с.
247. **Материалы и технология деталей энергомашиностроения** / Под ред. Э.Л. Каца. Труды ЦНИИТМАШ, № 216. М., 1990. 85 с.
248. **Матросов Ю.И., Литвиненко Д.А., Голованенко С.А.** Сталь для магистральных газопроводов. М.: Металлургия, 1989. 289 с.
249. **Международный транслятор современных сталей и сплавов** / Под редакцией В.Я. Кершенбаума. Т. 1, М.: Интак, 1992. 1102 с.
250. **Международный транслятор современных сталей и сплавов** / Под редакцией В.Я. Кершенбаума. Т. 4. Часть 1. 546 с. Часть 2. 547–848 с. М.: Интак, 1995.
251. **Международный транслятор.** Стали для нефтегазового оборудования / Под редакцией В.Я. Кершенбаума, В.В. Ремизова. М.: Наука и техника, 1998. 476 с.
252. **Металл А, Б, В.** Торговые компании и заводы. Справочник, Днепропетровск, ИА "Металл–Курьер", 1996. 60 с.
253. **Металл А, Б, В.** Торговые компании и заводы. Справочник, Днепропетровск, ИА "Металл–Курьер", 3-я редакция, 1999. 288 с.
254. **Металловедение, вопросы технологии и прочности сталей и сплавов для энергомашиностроения** / Под ред. Л.П. Трусова. Труды ЦНИИТМАШ, № 184, М., 1984. 143 с.
255. **Металловедение.** Сталь: Справочник. В 2-х т. / В. Енихе, В. Даль, Г.Ф. Кленер. и др. М.: Металлургия, 1995. Т. 1.1. 448 с., Т. 1.2. 335 с., Т. 2.1. 447 с., Т. 2.2. 399 с.

256. **Металловедение и термическая обработка стали:** Справочник / Под ред. М.Л. Бернштейна и А.Г. Рахштадта. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Металлургиздат, 1962. Т. 2. С. 255–1656.
257. **Металловедение и термическая обработка.** Справочник в 3-х томах. Т. 3. Под ред. М.Л. Бернштейна и А.Г. Рахштадта. М.: Металлургия, 1983. 216 с.
258. **Механическая обработка деталей из авиационных материалов.** Технические рекомендации. Т.Р. – 1.4.729–80, НИАТ, 1983. С. 44–73.
259. **Миркин И.Л., Трунин И.И.** В сб. "Испытание и свойства жаропрочных материалов". Машгиз, 1957.
260. **Монина В.Я.** Изыскание стали и разработка режимов термической обработки опорных валков горячей прокатки. Автореферат диссертации, представленной на соискание ученой степени канд. техн. наук. М., 1977.
261. **Немайзер Ю.А., Левин Е.Е., Хазанов М.С.** и др. Влияние величины зерна на свойства лопаточного жаропрочного сплава ЭИ893 // Труды ЦНИИТМАШ, № 163, М., 1981. С. 106–131.
262. **Немзер Г.Г., Аронов М.А.** Исследование теплофизических свойств сталей // Кузнечно-штамповочное производство, 1980. № 3. С. 26–30.
263. **Нехендзи Ю.А.** Стальное литье. М.: Металлургиздат, 1948. 525 с.
264. **Никольский Л.А., Золотаревский И.М.** Исследование окалиностойкости (жаростойкости) штамповых сталей // Кузнечно-штамповочное производство. 1976. № 9. С. 9–11.
265. **Новые материалы для энергомашиностроения** // Под ред. Е.П. Унксова. Сб. научных работ ЦНИИТМАШ, кн. 100. М.: Машгиз, 1959. 350 с.
266. **Новые технологические процессы и исследование свойств материалов для энергетического машиностроения** / Под ред. З.Н. Петропавловской. Труды ЦНИИТМАШ, № 193, М., 1986.
267. **Нормативы времени и режимы резания на токарные работы.** Серийное производство: Альбом. УЗТМ. Свердловск, 1973.
268. **Нормативы для технического нормирования работ на карусельных станках.** НКМЗ. Краматорск, 1967. С. 52–54.
269. **Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды (РД 10–249–98).** Госгортехнадзор РФ, М.: 1998. 105 с.
270. **Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках.** Часть I, изд. 2-е. М.: Машиностроение, 1974. С. 41–44.
271. **Общесоюзный классификатор. Промышленная и сельскохозяйственная продукция.** Блок марок сталей и сплавов. 1 77 086. М.: Металлургия, 1985.
272. **Овсенко А.Н., Колосков М.М., Каширский Ю.В.** Разработка банка данных по машиностроительным материалам // Труды ЦНИИТМАШ, № 225, М., 1991. С. 5–9.
273. **Оклей Л.Н.** Качество горячекатаных труб. М.: Металлургия, 1986. 143 с.
274. **Осадчий В.А., Шмурыгин Е.Г., Коротченко Н.А.** Информационная база данных по черным и цветным металлам и сплавам. М.: Известия ВУЗов, Цветная металлургия, 1996, № 1.
275. **Охрупчивание конструкционных сталей и сплавов** / Под ред. К.Л. Брайента, С.К. Бенерджи. М.: Металлургия, 1988. 551 с.
276. **Перетягько В.Н., Кузнецов А.Ф.** Горячая прокатка листовой нержавеющей стали. Кемерово: Кемеровское книжное издательство, 1989. 254 с.
277. **Пивник Е.М.** Влияние структуры на пластичность и характер разрушения сплавов ХН70ВМТЮ и ЭИ 826 // МиТОМ, 1966. № 1. С. 8–12.
278. **Плотников Г.Н., Гервасьев М.А.** и др. Высокопрочная хладостойкая сталь для крупных отливок // Литейное производство. 1985. № 3. С. 12–13.
279. **Побежимов П.И.** Литейные свойства сталей, применяемых в тяжелом машиностроении // Литейное производство. 1969, № 4. С. 6–8.
280. **Побежимов П.И., Авилов И.И., Кудрявцев Г.С.** Применение стали 14Х2ГМР для отливок // Литейное производство. 1969. № 8. С. 9–11.
281. **Погодин-Алексеев Г.И., Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г.** Металловедение (Методы анализа, лабораторные работы и задачи), 2-е изд., перераб. М.: Оборонгиз. 1956. 427 с.

282. **Позняк Л.А.** Инструментальные стали: Справочник. М.: Металлургия, 1977. 210 с.
283. **Позняк Л.А., Скрынченко Ю.М., Тишаев С.И.** Штамповые стали. М.: Металлургия, 1980. 244 с.
284. **Полищук Ю.М., Хон В.Б.** Теория автоматизированных банков информации. М.: Высшая школа, 1989. 184 с.
285. **Полухин В.П.** и др. Надежность и долговечность валков холодной прокатки. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1976. 448 с.
286. **Поляков В.В., Великанов А.В.** Основы технологии производства железнодорожных рельсов. М.: Металлургия, 1990. 415 с.
287. **Попов А.А., Попова Л.Е.** Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита: Справочник термиста. 2-е изд., исправ. и доп. М.: Металлургия, 1965. 495 с.
288. **Порошковая металлургия.** Материалы, технология, свойства, области применения: Справочник / И.М. Федорченко, И.Н. Францевич, И.Д. Радомысльский и др. Киев. Наукова думка, 1985. 624 с.
289. **Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды.** М.: НПО ОБТ, 1994. 130 с.
290. **Приданцев М.В., Бабанов А.А.** Коррозионно-стойкие стали и сплавы. М.: Металлургия, 1971. 319 с.
291. **Приданцев М.В., Давыдов Л.Н., Тамарина И.А.** Конструкционные стали: Справочник. М.: Металлургия, 1980. 288 с.
292. **Продукция чёрной металлургии.** Отраслевой каталог. Прокат чёрных металлов. Жаропрочные и жаростойкие стали и сплавы. Научный редактор В.Б. Киреев. М.: Черметинформация, 1988. 112 с.
293. **Производство крупных машин.** Сборник УЗТМ. М.: Машиностроение, 1974. 240 с.
294. **Прокопенко А.В.** Влияние низких температур на циклическую прочность конструкционных сталей. Проблемы прочности. Киев. 1978. № 1. С. 56–59.
295. **Развитие науки о резании металлов.** Коллектив авторов под общей редакцией Н.Н. Зорева. М.: Машиностроение, 1967, С. 243–284.
296. **Разработка технологии и изготовление опытной партии крупных валков (с диаметром бочки более 1200 мм) из вакуумированных слитков.** Свердловск, НИИтяжмаш УЗТМ, 1974. 84 с.
297. **Раузин Я.Р.** Термическая обработка хромистой стали (для подшипников и инструмента). 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машгиз, 1963. 384 с.
298. **Рахштадт А.Г.** Пружинные стали и сплавы, 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1971. 496 с.
299. **Рахштадт А.Г.** Пружинные стали и сплавы. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1982. 400 с.
300. **Режимы резания металлов.** Справочник под редакцией Корчемкина А.Д. 4-е изд., перераб. и доп. М.: НИИАвтопром, 1995. С. 344–353.
301. **Режимы резания на фрезерные, сверлильные и другие работы на расточных станках.** Свердловск, Уралмашзавод, Альбом № 26, 1966. С. 1–6.
302. **Режимы резания труднообрабатываемых материалов.** Справочник / Я.Л. Гуревич, М.В. Горохов и др. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1986. С. 3–54.
303. **Романов О.Н.** Вязкость разрушения конструкционных сталей. М.: Металлургия, 1979. 176 с.
304. **РС – 679–66.** Сталь конструкционная и коррозионно-стойкая, применяемая в судовом машиностроении в виде поковок, сортового проката и литья. М.: Судостроение, 1967. 104 с.
305. **РТМ 2МТ 11–1–81.** Стали для станков и машин. 1982. 253 с.
306. **РТМ 3–9–70.** Литые конструкционные стали. Физико-механические и технологические свойства. 1970. 148 с.
307. **РТМ 3–137–71.** Сталь конструкционная: Справочное руководство для конструкторов и технологов, 1973. 268 с.
308. **РТМ 3–588–74.** Металлы и сплавы: Справочные данные о физико-механических свойствах при различных температурах и условиях нагружения / А.А. Прус, Б.И. Ермолаев. 1975. 85 с.
309. **РТМ 3–931–76.** Сталь конструкционная: Справочные данные, часть I, 1977. 491 с.

310. **Рябченков А.В., Кузнецов Е.В., Чечель Л.А.** и др. // Перспективные стали для поверхностей нагрева паровых котлов. Теплоэнергетика, 1987. № 7. С. 22–25.
311. **Рябченков А.В., Таржуманова В.А., Нестеров В.И.** Влияние связующего огнеупорных масс на жаростойкость материала слитков / Теплоэнергетика, 1987. № 10. С. 61–62.
312. **Сборник "Структура и свойства новых жаропрочных материалов"**. Кн. 105 (ЦНИИТМАШ). М.: Машгиз, 1962. 255 с.
313. **Свойства сталей и сплавов, применяемых в котлотурбостроении**. Л.: ЦКТИ, 1966. Ч. I, вып. 16. 220 с.
314. **Свойства сталей и сплавов, применяемых в котлотурбостроении**. Л.: ЦКТИ, 1966. Ч. II, вып. 16. 244 с.
315. **Свойства сталей и сплавов, применяемых в котлотурбостроении**. Л.: ЦКТИ, 1967. Ч. III, вып. 16. 180 с.
316. **Семичастная А.В., Алешкин Ф.И.** Влияние температуры на модуль упругости быстрорежущих и штамповых сталей. МиТОМ, 1973. № 3. С. 56–58.
317. **Симс Ч., Хагель В.** Жаропрочные сплавы. М.: Металлургия, 1976. 568 с.
318. **Скоробогатых В.Н., Борисов В.П., Щенкова И.А.** Перспективы использования хромистых сталей в теплоэнергетике. Теплоэнергетика, № 5, 1999. С. 48–51.
319. **Совершенствование производства прокатных валков**. Реферативная информация. 14–74–2. М.: НИИинформтяжмаш, 1974. 44 с.
320. **Современные материалы в автомобилестроении**: Справочник / В.С. Дорфман, И.И. Леттфорд, Э.Н. Либерман и др. М.: Машиностроение, 1977. 271 с.
321. **Соколовский П.И.** Малоуглеродистые и низколегированные стали. М.: Металлургия, 1966. 216 с.
322. **Солнцев Ю.П., Андреев А.К., Гречин Р.И.** Литейные хладостойкие стали. М.: Металлургия, 1991. 176 с.
323. **Солнцев Ю.П., Викулин А.В.** Прочность и разрушение хладостойких сталей. М.: Металлургия, 1995. 256 с.
324. **Солнцев Ю.П., Степанов Г.А.** Конструкционные стали и сплавы для низких температур. М.: Металлургия, 1985. 272 с.
325. **Солнцев Ю.П., Степанов Г.А.** Материалы в криогенной технике: Справочник. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1982. 312 с.
326. **Сорокин В.Г.** и др. Экономно-легированная сталь для крупных поковок. МиТОМ. 1983. № 6. С. 7–11.
327. **Справочник инструментальщика** / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др. Под общей редакцией И.А. Ординарцева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1987. С. 69–89.
328. **Справочник по авиационным материалам**. Т. 1. Конструкционные стали, чугуны и припои / Отв. ред. А.Т. Туманов. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1965. 515 с.
329. **Справочник по машиностроительным материалам**. Т. I. Сталь / Под ред. Г.И. Погодина-Алексеева, Ю.А. Геллера. М.: Машиностроение, 1959. 907 с.
330. **Сравнение норм отечественных и зарубежных стандартов на марочный состав и свойства легированных конструкционных сталей** / Ф. Прокша, Е.С. Савилов, А.Г. Никонов. М.: 1975. 154 с. (М-во черной металлургии СССР. Черметинформация).
331. **Стали для станков и машин**. Рекомендации по применению и термической обработке. М.: Кооперативный научно-технический центр "ЭНИКС", 1990. 302 с.
332. **Стали с ванадием**: Обзор / Отв. ред. Н.М. Гольдштейн. М.: Черметинформация, 1967. 117 с.
333. **Стали с пониженным содержанием никеля**: Справочник / Под ред. М.В. Приданцева и Г.Л. Лившица. М.: Металлургиздат, 1961. 200 с.
334. **Стальное литье**. Справочник для мастеров литейного производства / Под ред. Н.П. Дубинина. М.: Машгиз, 1961. 889 с.
335. **СТП 5–11**. Конструкционные материалы. ЭЗТМ. Электросталь, ЭЗТМ, 1979. 35 с.
336. **Суперсплавы**. Жаропрочные материалы для аэрокосмических и энергетических установок. М.: Металлургия, 1995. Кн. 1. 384 с., Кн. 2. 384 с.
337. **Сырейщиков В.И., Панфилова Л.М., Подольский Э.П.** и др. Конструкционные высокопрочные ванадийсодержащие стали для машиностроения. Сталь. 1980. № 11. С. 1010–1014.

338. **Таблицы стандартных справочных данных.** "Сталь жаропрочная хромистая 10Х9МФБ (ДИ 82-III). Условный предел длительной прочности в диапазоне температур 500–610°C." ГСССД 141–89.
339. **Тавер Е.И.** Сб. тр. ВНИИНМАШ. Стандартизация и вопросы экономии материалов. М.: 1979, вып. 36.
340. **Ташлицкий Н.И.** Приближенный расчет скоростей течения сталей и хромоникелевых сплавов по их химическому составу // Вестник машиностроения, М.: № 4. 1963. С. 4–7.
341. **Тезисы докладов I Всесоюзного симпозиума "Новые жаропрочные и жаростойкие металлические материалы".** Ч. I "Жаропрочные сплавы на никелевой основе". М.: 1989. 145 с.
342. **Теплофизические свойства веществ:** Справочник / Под ред. Н.Б. Варгафтика, М.–Л., Госэнергоиздат, 1956. 367 с.
343. **Теплухин Г.Н.** Термическое упрочнение низкоуглеродистой литой стали. Л.: ЛДНТП, 1982. 18 с.
344. **Термическая обработка в машиностроении:** Справочник / Под ред. Ю.М. Лахтина, А.Г. Рахштадта. М.: Машиностроение, 1980. 783 с.
345. **Термическая обработка и свойства литой стали.** Труды Всесоюзного совещания / Под ред. Н.С. Крещановского. М.: Машгиз, 1955. 356 с.
346. **Технология производства труб.** И.Н. Потапов., А.П. Коликов, В.В. Данченко и др. М.: Металлургия, 1994. 528 с.
347. **Тимербулатов М.Г., Бабушкина Г.И.** Влияние на сопротивляемость кавитации особенностей структуры и механических свойств металлов. Труды ЦНИИТМАШ. М.: 1972, № 101. С. 28–34.
348. **Томина С.П., Герасимов В.И., Рябченков А.В.** Свойства суперферритной стали ЭП 882 и возможные области ее применения // Тяжелое машиностроение, 1992. № 7. С. 33–35, 37.
349. **Трощенко В.Т., Сосновский Л.А.** Сопротивление усталости металлов и сплавов: Справочник. Киев: Наукова думка, 1987. Ч. 1. 505 с., Ч. 2. 506–1303 с.
350. **Туляков Г.А., Скоробогатых В.Н.** Об оценке долговечности толстостенных элементов давления в теплоэнергетике. Теплоэнергетика. 1987. № 7. С. 2–5.
351. **Туляков Г.А., Скоробогатых В.Н., Гриневский В.В.** Конструкционные материалы для энергомашиностроения. М.: Машиностроение, 1991. 240 с.
352. **Туляков Г.А., Скоробогатых В.Н., Федосеев А.К.** Малоцикловое разрушение литой корпусной стали 15Х1М1ФЛ. 5-ый Всес. симп. по МЦУ. Волгоград, 1987. С. 78–80.
353. **Туфанов Д.Г.** Коррозионная стойкость нержавеющей сталей: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1969. 180 с.
354. **Туфанов Д.Г.** Коррозионная стойкость нержавеющей сталей и чистых металлов: Справочник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1973. 351 с.
355. **Туфанов Д.Г.** Коррозионная стойкость нержавеющей сталей, сплавов и чистых металлов: Справочник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1982. 352 с.
356. **Тылкин М.А.** Повышение долговечности деталей металлургического оборудования. М.: Металлургия. 1971. 608 с.
357. **Тылкин М.А.** Прочность и износостойкость деталей металлургического оборудования. М.: Металлургия. 1965. 347 с.
358. **Тылкин М.А.** Справочник термиста ремонтной службы. М.: Металлургия. 1981. 648 с.
359. **Узлов И.Г., Гасик М.И., Есаулов А.Т.** и др. Колёсная сталь. Киев: Техніка. 1985. 168 с.
360. **Ульянин Е.А.** Коррозионные стали и сплавы: Справочник. М.: Металлургия, 1980. 208 с.
361. **Ульянин Е.А.** Коррозионно-стойкие стали и сплавы: Справочник, 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия. 1991. 255 с.
362. **Ульянин Е.А., Сорокина Н.А.** Стали и сплавы для криогенной техники: Справочник. М.: Металлургия. 1984. 205 с.
363. **Физические величины:** Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др. / Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991. 928 с.
364. **Физические свойства сталей и сплавов, применяемые в энергетике:** Справочник / Под ред. Б.Е. Неймарк. М. Л. Энергия, 1967. 240 с.

365. **Филинов С.А., Фиргер И.В.** Справочник термиста, 4-е изд., доп. и перераб. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1975. 352 с.
366. **Филиппов М.А., Литвинов В.С., Немуровский Ю.Р.** Стали с метастабильным аустенитом. М.: Металлургия, 1988. 256 с.
367. **Фоминных И.П., Яковенко Р.Ф., Шенгалев В.М.** Влияние отпускной хрупкости на хладостойкость отливок из стали 35ГЛ // Литейное производство. 1969. № 8. С. 40–41.
368. **Химушин Ф.Ф.** Жаропрочные и теплоустойчивые стали и сплавы для газовых турбин. Изд. АН СССР, 1955.
369. **Химушин Ф.Ф.** Жаропрочные стали и сплавы. М.: Металлургия, 1969. 750 с.
370. **Химушин Ф.Ф.** Легирование, термическая обработка и свойства жаропрочных сталей и сплавов. М.: Оборонгиз, 1962. 336 с.
371. **Химушин Ф.Ф.** Нержавеющие стали. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1967. 798 с.
372. **Холоднокатаные электротехнические стали:** Справочник / Б.В. Молотиллов, Л.В. Миронов, А.Г. Петренко и др. / Под ред. Б.В. Молотилова. М.: Металлургия, 1989. 168 с.
373. **Шульте Ю.А., Волчок Т.П., Пинчук Е.И.** и др. Хладостойкие экономнолегированные стали // Литейное производство. 1969. № 9. С. 4–5.
374. **Штамповые материалы.** Обработка и применение: Сборник статей // Под ред. Н.Т. Деордиева, Г.П. Большакова. М.: Машиностроение, 1968. 143 с.
375. **Штамповые стали, состав, свойства, термическая обработка:** Сборник статей / Под ред. Н.Т. Деордиева, Л.А. Позняка. М.: Машиностроение, 1964. 128 с. (ЭНИКМАШ. Вып. 9).
376. **Яковлев И.И.** Физико-технические основы создания хладостойких конструкционных материалов на основе железа с заданным комплексом свойств. Якутск, Якутский научный центр Сибирского отд. РАН, 1994. 194 с.
377. **Колпишон Э.Ю., Назаратин В.В., Тарасов Н.И.** и др. Освоение производства и исследование качества металла отливок из стали 20ГМЛ для деталей трубопроводной арматуры. Электрометаллургия. 2012. № 4. С. 3537.
378. **Физическое материаловедение.** Учебник для вузов в 7 т. Т. 6. Конструкционные материалы ядерной техники / Калинин Б.А., Платонов П.А., Тузов Ю.В. и др. Под ред. Б.А. Калина. М.: НИЯУ МИФИ, 2012. 736 с.
379. **Назаратин В.В.** Теория и практика производства стальных отливок ответственного назначения. М.: ООО «Старая Басманная», 2012.
380. **Ватулин А.В., Иолтуховский А.Г., Леонтьева-Смирнова М.В.** и др. Патент RU 2267173 С1. Опубликовано 27.12.2005.

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ДРАГУНОВ Юрий Григорьевич,
ЗУБЧЕНКО Александр Степанович,
КАШИРСКИЙ Юрий Всеволодович
и др.**

МАРОЧНИК СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Редактор *Е.Д. Макаренко*
Художественный редактор *Т.Н. Галицына*
Корректор *М.Я. Барская*

Подписано в печать 16.11.2015 г.
Формат 84×108/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 127,68. Уч.-изд. л. 148,9.

ООО «Издательство «Инновационное машиностроение»
107076, Москва, Колодезный пер., д. 2а, строение 2

Оригинал-макет подготовлен в ГНЦ ЦНИИТМАШ

Отпечатано в ОАО «Первая Образцовая типография
филиал «Чеховский Печатный двор».
142300, Московская область,
г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1

ISBN 978-5-9907308-1-6



9 785990 730816