

# **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

<b>Предисловие к четвертому изданию</b>	12	25	98
<b>Введение</b>	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	60	127
Системы маркировки цветных сплавов за рубежом	44	75	129
<b>Стали и сплавы</b>	48	85	130
<b>Раздел 1. Стали конструкционные</b>	49	15К	131
Стали углеродистые обыкновенного качества	49	16К	133
Ст0	49	18К	134
Ст2кп	50	20К	135
Ст2пс	51	22К, 22К-ВД, 22К-Ш, 22КУ	137
Ст2сп	52	A12	143
Ст3кп	53	A20	144
Ст3пс	54	A30	144
Ст3сп	56	A35	145
Ст3Гпс	61	A40Г	145
Ст3Гсп	63	ОС	146
Ст4кп	64	Стали низколегированные	147
Ст4пс	65	20ЮЧ, 20ЮЧ-ПВ	147
Ст4сп	67	15Г	149
Ст5пс	69	20Г	150
Ст5сп	70	30Г	151
Ст6пс	72	40Г	152
Ст6сп	73	45Г	153
Стали углеродистые качественные	74	50Г	154
08	74	15ГС	155
08кп	77	16ГС	157
10	78	17ГС	162
10кп	82	17Г1С	164
15	84	17Г1СУ	167
15кп	87	20ГС	168
20	88	25ГС	169
20-ПВ	96	06ГФБА-А	170
20-Ш	96	18ГФпс	171
20кп	97	09Г2	172
		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 (40Х1НВА) .....	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	08X18H12Т .....	609
08X15H24B4ТР (ЭП 164) .....	526	12X18H12Т (X18H12Т) .....	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	08X21H6M2Т (0X21H6M2Т,	
015X16H15M3 (ЭИ 844),		ЭП 54) .....	626
026X16H15M3Б (ЭИ 844Б),		02X22H5AM3 .....	628
026X16H15M3БУ (ЭИ 844БУ),		08X22H6Т (0X22H5Т, ЭП 53) .....	629
06X16H15M3БР (ЭП 172) .....	543	X23Ю5Т .....	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	03X23H28Ю4Т (ЭЖ 86) .....	638
3X16H22B6Б (ЦЖ 13) .....	548	03X24H6AM3 (ЗИ 130),	
08X17Т (0X17Т, ЭИ 645) .....	549	03X24H6AM3-ВИ (ЗИ 130-ВИ) ...	639
12X17 (X17, ЭЖ 17) .....	550	15X25Т (X25Т, 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
08X17H13M2Т (0X17H13M2Т) ...	556	X27Ю5Т .....	647
10X17H13M2Т (X17H13M2Т,		03H18K9M5Т .....	648
ЭИ 448) .....	557	<b>Раздел 2. Стали инструментальные</b>	649
10X17H13M3Т (X17H13M3Т,		Стали углеродистые и	
ЭИ 432) .....	561	легированные .....	649
03X17H14M3 (000X17H13M2) ....	563	У7, У7А .....	649
08X17H15M3Т (ЭИ 580) .....	565	У8, У8А .....	651
01X18M2Т-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	<b>Стали штамповые</b> .....	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	<b>Раздел 3. Литейные стали</b> .....	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	14ХМТЛ .....	764
Стали быстрорежущие .....	706	20ХМЛ .....	765
11Р3АМЗФ2 .....	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
<b>Раздел 4. Сплавы</b> .....	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	<b>Приложения</b> .....	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	
<b>Раздел 5. Цветные металлы и</b>		в зависимости от температуры	
<b>сплавы</b> .....	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

$\sigma_B$	– временное сопротивление (предел прочности при разрыве);	$d_{10}$	– диаметр отпечатка по Бринеллю при диаметре шарика 10 мм и испытательной нагрузке 2943 Н;
$\sigma_B^c$	– предел прочности при сжатии;	HB	– твёрдость по Бринеллю;
$\sigma_H$	– 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);
$\sigma_T$	– 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);
$\delta_p$	– относительное равномерное удлинение;	$\sigma_{-1}$	– предел выносливости при симметричном цикле (растяжение – сжатие);
$\delta$	– относительное удлинение после разрыва;	$\tau_{-1}$	– предел выносливости при симметричном цикле (кручение);
$\psi$	– относительное сужение после разрыва;	$\sigma_a$	– 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;		

$\sigma_0$	– начальное нормальное напряжение при релаксации;	$\rho$	– удельное электросопротивление;
$\sigma_\tau$	– 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;
$\nu$	– коэффициент Пуассона;	$a$	– толщина образца при испытании листов на изгиб;
$\gamma$	– плотность;	$d$	– толщина оправки при испытании листов на изгиб;
$C$	– удельная теплоёмкость;	$R_n$	– радиус надреза;
$\lambda$	– теплопроводность;	$S, s$	– толщина стенки;
$\alpha$	– коэффициент линейного расширения;	$Cl'$	– хлор-ион;
$H$	– напряженность магнитного поля;	$F'$	– фтор-ион;
$\mu$	– магнитная проницаемость;	$\Sigma$	– коэффициент износостойкости при абразивном износе;
$B$	– магнитная индукция;	$\Sigma_\Gamma$	– коэффициент износостойкости при гидроабразивном износе;
$B_s$	– индукция насыщения;	$\nu$	– скорость резания;
$\Delta B$	– разброс магнитной индукции вдоль и поперек направления прокатки;	$K_v$	– коэффициент относительной обрабатываемости;
$P_{B, \nu_0}$	– удельные магнитные потери при частоте тока $\nu_0$ и индукции $B$ ;	$\tau$	– время;
$H_c$	– коэрцитивная сила;	$t$	– температура;
		$t_{\text{отп}}$	– температура отпуска;
		$t_{\text{исп}}$	– температура испытания.
		$T_{\text{кип}}$	– температура кипения;
		$T_{\text{min}}$	– минимальная температура использования материала;
		$T_{\text{max}}$	– 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/мм<sup>2</sup>), 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 аргонодуговая 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	<b>Н</b>
Хром	<b>Х</b>
Кобальт	<b>К</b>
Молибден	<b>М</b>
Марганец	<b>Г</b>
Медь	<b>Д</b>
Бор	<b>Р</b>
Ниобий	<b>Б</b>
Цирконий	<b>Ц</b>
Кремний	<b>С</b>
Фосфор	<b>П</b>
Редкоземельные металлы	<b>Ч</b>
Вольфрам	<b>В</b>
Титан	<b>Т</b>
Азот	<b>А</b> (в середине наименования)
Ванадий	<b>Ф</b>
Алюминий	<b>Ю</b>
Селен	<b>Е</b>

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 (**04X15CT-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	
<b>Конструкционные стали</b> <b>S</b> = <b>G</b> = Стальное литье Ставится впереди, если необходимо	Например: <b>S355J0</b> , ранее <b>Fe510C</b> Свойство: минимальный предел текучести ( $R_e$ ) в Н/мм <sup>2</sup> (три цифры)	<i>Работа разрушения при ударе</i>		Температура °C	<b>C</b> = с повышенной пластичностью в холодном состоянии <b>D</b> = для нанесения покрытий в горячем состоянии <b>E</b> = для эмалирования <b>F</b> = дляковки и штамповки <b>L</b> = для работы при низких температурах <b>M</b> = термомеханически упрочненная <b>N</b> = нормализованная <b>O</b> = для шельфовых конструкций <b>Q</b> = термообработанная <b>S</b> = для судостроения <b>T</b> = для труб <b>W</b> = стойкая к атмосферной коррозии	
		27 Дж	40 Дж			60 Дж
		<b>JR</b>	<b>KR</b>	<b>LR</b>		+20
		<b>J0</b>	<b>K0</b>	<b>L0</b>		0
		<b>J2</b>	<b>K2</b>	<b>L2</b>		-20
		<b>J3</b>	<b>K3</b>	<b>L3</b>		-30
		<b>J4</b>	<b>K4</b>	<b>L4</b>		-40
		<b>J5</b>	<b>K5</b>	<b>L5</b>		-50
		<b>J6</b>	<b>K6</b>	<b>L6</b>		-60
		<b>M</b> = термомеханически упрочненная <b>N</b> = нормализованная <b>Q</b> = термообработанная <b>G</b> = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами				

Продолжение табл. 3

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

Продолжение табл. 3

Начальная буква (наименование стали)	Свойство, обозначаемое цифрами	Дополнительные символы	
		подгруппа 1	подгруппа 2
<i>Рельсовые стали</i> <b>R</b> =	Например: <b>R0880Mn</b> , ранее: <b>3B</b> Свойство: минимальное временное сопротивление ( $R_m$ ) в Н/мм <sup>2</sup> (четыре цифры, возможен ноль впереди)	<b>Mn</b> = высокое содержание марганца <b>Cr</b> = легированная хромом <b>G</b> = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами	<b>Q</b> = термообработанная проволока
<i>Холоднокатаный листовой прокат из высокопрочных сталей для холодной штамповки</i> <b>H</b> = Если установлен предел текучести <b>HT</b> = Если установлено временное сопротивление	Например: <b>H420M</b> , ранее: <b>FeE420HF</b> Свойства: минимальный предел текучести ( $R_e$ ) в Н/мм <sup>2</sup> (три цифры); минимальное временное сопротивление ( $R_m$ ) в Н/мм <sup>2</sup> (три цифры и HT впереди)	<b>M</b> = термомеханически упрочненная или холоднокатаная <b>B</b> = закаленная в печи <b>P</b> = легированная фосфором <b>X</b> = двухфазная <b>Y</b> = с малым содержанием элементов внедрения (C и N) <b>G</b> = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами	
<i>Листовой прокат для холодной штамповки</i> <b>D</b> =	Например: <b>DC12EK</b> , ранее: <b>FeK4</b> Свойства: <b>C</b> = холоднокатаный <b>D</b> = горячекатаный <b>X</b> = состояние проката (две буквы или цифры)	<b>D</b> = для нанесения покрытий в горячем состоянии <b>EK</b> = для эмалирования <b>DK</b> = для безгрунтового эмалирования <b>G</b> = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами	
<i>Упаковочные листы и ленты</i> <b>T</b> = Если установлен предел текучести <b>TH</b> = Если установлена твердость	Например: <b>T660</b> , ранее: <b>DR660</b> Свойство: заданный предел текучести ( $R_e$ ) в Н/мм <sup>2</sup> для двойного обжатия (три цифры) Например: <b>TH52</b> , ранее: <b>F52</b> 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><b>М</b> =</p>	<p>Например: <b>M400-50A</b>, ранее: <b>FeV400-50HA</b></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><b>A</b> = с неориентированным зерном</p> <p><b>D</b> = нелегированные без заключительного отжига</p> <p><b>E</b> = легированные без заключительного отжига</p> <p><b>N</b> = с нормальными потерями на перемагничивание</p> <p>Для магнитной индукции от 1,7 Тл (при 50 Гц)</p> <p><b>S</b> = ориентированное зерно с ограниченными потерями на перемагничивание</p> <p><b>P</b> = 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/мм<sup>2</sup> 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/мм<sup>2</sup>.

**L360QB** – термообработанная сталь для магистральных трубопроводов с минимальным пределом текучести 360 Н/мм<sup>2</sup>.

**E295** – машиностроительная сталь с минимальным пределом текучести 295 Н/мм<sup>2</sup>.

**B500N** – арматурная сталь с пределом текучести 500 Н/мм<sup>2</sup> нормальной вытяжки.

**Y1770C** – холоднотянутая проволока из стали для предварительно-напряженных конструкций с минимальным временным сопротивлением 1770 Н/мм<sup>2</sup>.

**R0880Mn** – рельсовая сталь с высоким содержанием марганца с минимальным временным сопротивлением 880 Н/мм<sup>2</sup>.

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

420 Н/мм<sup>2</sup>.

**DC12EK** – холоднокатаная листовая сталь для холодной штамповки для эмалирования.

**T660** – упаковочный лист (лента) с заданным пределом текучести для двойного обжатия 660 Н/мм<sup>2</sup>.

**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 &lt;1% (кроме автоматных)</i></p> <p>C = G =</p> <p>Стальное литье. Ставится впереди, если необходимо</p>	<p>Например: <b>C35E4</b>, ранее: <b>2C35</b></p> <p>Первое число: среднее содержание углерода, умноженное на 100 (до трех цифр)</p>	<p><b>E</b> = заданное максимальное содержание серы, умноженное на 100  <b>R</b> = заданный интервал содержания серы, умноженный на 100  <b>D</b> = для тянутой проволоки  <b>C</b> = с повышенной пластичностью в холодном состоянии  <b>S</b> = пружинная  <b>T</b> = инструментальная  <b>W</b> = для сварочной проволоки  <b>G</b> = 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><b>Без буквы</b></p> <p>G =</p> <p>Стальное литье. Ставится впереди, если необходимо</p>	<p>Например: <b>28Mn6</b>, ранее: <b>28 Mn 6</b></p> <p>Первое число: среднее содержание углерода, умноженное на 100 (до трех цифр)</p>	<p><b>Легирующие элементы:</b>  <b>Буквы:</b> символы химических элементов  <b>Цифры:</b> отделены тире, соответствуют среднему содержанию элемента, умноженному на нижеследующие коэффициенты</p> <table border="1" data-bbox="709 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><b>X=</b> G =</p> <p>Стальное литье. Ставится впереди, если необходимо</p>	<p>Например: <b>X5CrNi18-10</b>, ранее: <b>X 5 CrNi 18 10</b></p> <p>Первое число: среднее содержание углерода, умноженное на 100 (до трех цифр)</p>	<p><b>Легирующие элементы:</b>  <b>Буквы:</b> символы химических элементов, выстроенные по убыванию содержания элементов (при одинаковом содержании – в алфавитном порядке)  <b>Цифры:</b> отделены тире, соответствуют среднему содержанию элемента</p>											
<p><i>Быстрорежущие стали</i></p> <p><b>HS=</b></p>	<p>Например: <b>HS2-9-1-8</b>, ранее: <b>HS 2-9-1-8</b></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
<b>Нелегированные</b>	Обыкновенного качества	<b>1.00XX</b>
	Качественные	<b>1.01XX – 1.09XX</b>
	Высококачественные	<b>1.10XX – 1.13XX</b>
	Инструментальные нелегированные	<b>1.15XX – 1.18XX</b>
<b>Легированные</b>	Инструментальные легированные	<b>1.20XX – 1.28XX</b>
	Быстрорежущие	<b>1.32XX – 1.33XX</b>
	Износостойкие	<b>1.34XX</b>
	Подшипниковые	<b>1.35XX</b>
	Материалы со специальными свойствами	<b>1.36XX – 1.39XX</b>
	Коррозионно-стойкие	<b>1.40XX – 1.45XX</b>
	Жаропрочные и жаростойкие	<b>1.46XX – 1.49XX</b>
	Высококачественные легированные конструкционные	<b>1.50XX – 1.85XX</b>
	Свариваемые высококачественные	<b>1.87XX – 1.89XX</b>

### 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/мм<sup>2</sup> или Н/9,8 мм<sup>2</sup>; 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/мм<sup>2</sup> или 360 Н/мм<sup>2</sup> второй группы качества;

**USt 37-2** – кипящая сталь с минимальным пределом прочности 37 кгс/мм<sup>2</sup> или 360 Н/мм<sup>2</sup> второй группы качества;

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

**KSt 52-3 N** – сталь с минимальным пределом прочности 52 кгс/мм<sup>2</sup> или 510 Н/мм<sup>2</sup> третьей группы качества, предназначенная для последующего холодного формования, поставляемая после нормализации;

**QSt 44-3 U** – сталь с минимальным пределом прочности 44 кгс/мм<sup>2</sup> или 430 Н/мм<sup>2</sup> 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			
№	Базовые стали		Качественные стали	Специальные стали	Качественные стали		Инструментальные стали
	00	90					
0				10			20
	Стали обыкновенного качества			Стали с особыми физическими свойствами			Cr
1		01	91	11			21
		Обычные конструкционные стали с пределом прочности до 500 Н/мм <sup>2</sup>		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 <sup>2</sup>		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 <sup>2</sup>		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 <sup>2</sup> , но менее 500 Н/мм <sup>2</sup>		–			W Cr-W
5		05	95	15			25
		Стали со средним значением 0,25≤C<0,55% и пределом прочности более 500 Н/мм <sup>2</sup> , но менее 700 Н/мм <sup>2</sup>		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 <sup>2</sup>		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	<b>N</b>
Хром	<b>C</b>
Кобальт	<b>K</b>
Молибден	<b>D</b>
Марганец	<b>M</b>
Медь	<b>U</b>
Бор	<b>B</b>
Ниобий	<b>Nb</b>
Цирконий	<b>Zr</b>
Кремний	<b>S</b>
Фосфор	<b>P</b>
Вольфрам	<b>W</b>
Титан	<b>T</b>
Азот	<b>Az</b>
Ванадий	<b>V</b>
Алюминий	<b>A</b>

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/мм<sup>2</sup> или кгс/мм<sup>2</sup>).

*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/мм<sup>2</sup> или кгс/мм<sup>2</sup>).

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/мм<sup>2</sup>;

**FeE 295** – сталь с гарантированным пределом текучести 295 Н/мм<sup>2</sup>;

**Fe 510 B** – сталь с гарантированным пределом прочности 510 Н/мм<sup>2</sup> и склонностью к свариваемости В;

**Fe 880-2** – сталь с гарантированным пределом прочности 880 Н/мм<sup>2</sup> и показателем качества 2;

**Fe 510-1 KT** – сталь с гарантированным пределом прочности 510 Н/мм<sup>2</sup> и показателем качества 1 для работы при низких температурах;

**Fe E 315 KG** – сталь с гарантированным пределом текучести 315 Н/мм<sup>2</sup> 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/мм<sup>2</sup>. 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/мм<sup>2</sup>;

**Fe G 74-1** – сталь с гарантированным пределом прочности 74 кгс/мм<sup>2</sup> 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
<b>12XX – 18XX</b>	Углеродистые стали
<b>19XX</b>	Автоматные стали
<b>20XX</b>	Легированные Si
<b>1XX</b>	Легированные Mn
<b>22XX</b>	Легированные Cr <10%
<b>23XX</b>	Легированные Cr ≥10%
<b>25XX</b>	Легированные Ni
<b>26XX</b>	Высокопрочные свариваемые стали
<b>7XX</b>	Легированные W
<b>29XX</b>	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>	
<b>10XX</b>	Нересульфидированные: Mn <1%
<b>11XX</b>	Ресульфидированные
<b>12XX</b>	Рефосфорированные и ресульфидированные
<b>15XX</b>	Нересульфидированные: Mn ≥ 1%
<i>Легированные стали</i>	
<b>13XX</b>	1,75% Mn
<b>40XX</b>	0,2; 0,25% Mo или 0,25 % Mo и 0,042% S
<b>41XX</b>	0,5; 0,8 или 0,95% Cr и 0,12; 0,20 или 0,30% Mo
<b>43XX</b>	1,83% Ni, 0,50–0,80% Cr, 0,25% Mo
<b>46XX</b>	0,85 или 1,83% Ni и 0,2 или 0,25% Mo
<b>47XX</b>	1,05% Ni, 0,45% Cr и 0,2 или 0,35% Mo
<b>48XX</b>	3,5% Ni и 0,25% Mo
<b>51XX</b>	0,8; 0,88; 0,93; 0,95 или 1,0% Cr
<b>51XXX</b>	1,03% Cr
<b>52XXX</b>	1,45% Cr
<b>61XX</b>	0,6 или 0,95% Cr и 0,13 или 0,15% min V
<b>86XX</b>	0,55% Ni, 0,50% Cr и 0,20% Mo
<b>87XX</b>	0,55% Ni, 0,50% Cr и 0,25% Mo
<b>88XX</b>	0,55% Ni, 0,50% Cr и 0,35% Mo
<b>92XX</b>	2,0% Si или 1,40% Si и 0,70% Cr
<b>50BXX</b>	0,28 или 0,50% Cr
<b>51BXX</b>	0,80% Cr
<b>81BXX</b>	0,30% Ni, 0,45% Cr и 0,12% Mo
<b>94BXX</b>	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/мм<sup>2</sup>).

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
<b>Dxxxxx</b>	Стали с предписанными механическими свойствами
<b>Gxxxxx</b>	Углеродистые и легированные стали AISI (за исключением инструментальных)
<b>Hxxxxx</b>	То же, но для прокаливаемых сталей
<b>Jxxxxx</b>	Литейные стали
<b>Kxxxxx</b>	Стали, не включенные в систему AISI
<b>Sxxxxx</b>	Жаростойкие и коррозионно-стойкие стали
<b>Txxxxx</b>	Инструментальные стали
<b>Wxxxxx</b>	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/мм<sup>2</sup>. 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/мм<sup>2</sup> (**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/мм<sup>2</sup>. 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, **БрА9ЖЗЛ**).

### *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** —  $\alpha$ -сплавы (не содержащие  $\beta$ -фазы); **3** — псевдо- $\alpha$ -сплавы (с количеством  $\beta$ -фазы не более 5%); **4** —  $\alpha + \beta$ -сплавы (с большим количеством  $\beta$ -фазы); **5** — псевдо- $\beta$ -сплавы (способные закаливаться на 100%  $\beta$ -фазы); **6** —  $\beta$ -сплавы (не содержащие  $\alpha$ -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 высокорadiационностойкий 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/мм<sup>2</sup>.

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 **80000** — 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**

<b>Раздел 1. Стали конструкционные</b> .....	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
<b>Раздел 2. Стали инструментальные</b> .....	649
Стали углеродистые и легированные .....	649
Стали штамповые .....	660
Стали валковые .....	690
Стали быстрорежущие .....	706
<b>Раздел 3. Литейные стали</b> .....	719
<b>Раздел 4. Сплавы</b> .....	831
Сплавы на железоникелевой основе .....	831
Сплавы на никелевой основе .....	856
Литейные сплавы .....	904
<b>Раздел 5. Цветные металлы и сплавы</b> .....	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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—		
<b>Назначение.</b> Второстепенные нерасчитываемые элементы сварных и несварных конструкций и неотчетливые детали: настилы, арматура, подкладки, шайбы, перила, кожухи, обшивки и др.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Состояние стали	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80					
167	—	При σ <sub>b</sub> = 305 Н/мм <sup>2</sup> .	—	—	—	—	—	—	—	—			
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 <sub>b</sub> = 470 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 2,10 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—		
<b>Назначение.</b> Неответственные детали, требующие повышенной пластичности или глубокой вытяжки; малонагруженные элементы сварных конструкций, работающие при постоянных нагрузках и при положительных температурах.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Состояние стали		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 40	– 60			– 80		
176–196	—	При σ <sub>B</sub> = 323–412 Н/мм <sup>2</sup> .		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 <sub>v</sub> = 2,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,6 (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна					
								Склонность к отпусковой хрупкости					
								Не склонна					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
Ст2пс		Лист — ГОСТ 14637–89, ГОСТ 16523–97.											
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 380–2005</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	As	N	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [1]		Состояние стали	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80	
176–206	—	При σ <sub>в</sub> = 330–430 Н/мм <sup>2</sup>	24–64	13–16	8	8	—	—	—

**Механические свойства при различных температурах**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>v</sub> = 2,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,6 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [1, 4]		Состояние стали		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1, 4]					Состояние поставки					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 40	– 60			– 80			
176–206	—	При σ <sub>b</sub> = 335–430 Н/мм <sup>2</sup>		23–63	13–16	8	8	—	—	Пруток горячекатаный φ 140–150				
Механические свойства при повышенных температурах														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>v</sub> = 2,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—			
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1, 4]		Состояние стали		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]					Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 10	– 20	– 30						
175	—	При σ <sub>в</sub> = 380 Н/мм <sup>2</sup>		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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>в</sub> = 410 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	KCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	KCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	КCV, Дж/см <sup>2</sup>	ККУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	
21–40			—	—	—	—	—	—	—	—	—		

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

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup>. 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/мм<sup>2</sup>.

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

НД	Ударная вязкость, ККУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C									
	не менее									
ГОСТ 380–2005	+ 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 <sup>2</sup> $K_v = 1,8$ (твердый сплав), $K_v = 1,6$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b> 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	Категория
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ГОСТ 10706–76	Лист в горячекатаном состоянии	Основной металл	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	245	372	23	—	—	—	4		
			–20	—	—	—	—	30 <sup>1</sup>	—	4		
			20	245	372	23	—	—	30	5		
			–20	—	—	—	—	30 <sup>1</sup>	—	5		

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ГОСТ 14637–89	Лист в горячекатаном состоянии	До 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	295	430	16	—	—	—	29	d=4а	
			–40	—	—	—	—	39	—	—	—	
		21–40	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\delta_p$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КCV, Дж/см <sup>2</sup>	T <sub>к</sub> , °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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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	—

СтЗсп												
<p><b>Назначение.</b> 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 неотчетливые детали шахтного объема.</p> <p>В цементованном состоянии — малонагруженные детали, работающие на истирание.</p> <p>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.</p> <p>Листы для электросварных труб, работающих при температуре до 300°C и давлении до 1,6 Н/мм<sup>2</sup>. 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/мм<sup>2</sup>.</p> <p>Из стали марки СтЗспЗ изготавливаются шайбы с температурой среды до 350°C и условным давлением P<sub>y</sub> до 10,0 Н/мм<sup>2</sup>, а из стали марки СтЗсп5 также изготавливаются шайбы с такими же предельными параметрами; болты, шпильки, пробки и хомуты с температурой среды до 350°C и условным давлением P<sub>y</sub> 1,6 Н/мм<sup>2</sup>; гайки с температурой среды до 350°C, условным давлением P<sub>y</sub> 2,5 Н/мм<sup>2</sup>.</p> <p>Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 350°C (ПНАЭГ–7–008–89).</p>												
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1, 7]					Примечание			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 50				
195 <sup>1</sup>	—	10 <sup>7</sup>	Лист толщиной 40 мм в горячекатаном состоянии	41–208	40–71	31–68	9–63	11–28	Лист толщиной 10–32 мм			
95 <sup>2</sup>	—	10 <sup>7</sup>		86–206	71–89	50–79	43–53	14–28				
Образцы диаметром 10 мм:									Фасонный прокат толщиной 12 мм			
<sup>1</sup> гладкие,												
<sup>2</sup> с надрезом												
НД		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , 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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> $K_v = 1,8$ (твердый сплав), $K_v = 1,6$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Не склонна

Марка стали		Вид поставки													
СтЗГпс		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—	—	—	
			20	—	—	—	—	98	49	—	—	—	—	—	
		Прокат универсальный Образцы продольные	5–9	20	—	—	—	—	—	78	29	—	—	—	—
				–20	—	—	—	—	29	—	—	—	—	—	—
	10–30		20	—	—	—	—	69	—	—	—	—	—	—	
			–20	—	—	—	—	29	—	—	—	—	—	—	
	Прокат сортовой и фасонный Образцы продольные	5–9	20	—	—	—	—	—	108	49	—	—	—	—	
			–20	—	—	—	—	49	—	—	—	—	—	—	
		10–30	20	—	—	—	—	98	29	—	—	—	—	—	
			–20	—	—	—	—	29	—	—	—	—	—	—	
	31–40	20	—	—	—	—	88	—	—	—	—	—	—		
		20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [I]			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [I]					Примечание		
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	0	- 20	- 30	- 40			
185 <sup>1</sup>	—	10 <sup>7</sup>	Горячекатаный лист толщиной 40 мм.	91–199	55–132	35–128	—	26–113	Лист толщиной 12–20 мм		
105 <sup>2</sup>	—	10 <sup>7</sup>		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		
<sup>1</sup> гладкие				133–177	73–133	18–86	20–57	7–31	Лист толщиной 50 мм		
<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> $K_v = 1,8$ (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			
С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	As	N	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	KCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [1]			Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	– 20	– 40	– 60	
181 <sup>1</sup>	—	10 <sup>7</sup>	Лист толщиной 40 мм в горячекатаном состоянии	—	—	—	—	—	—
104 <sup>2</sup>	—	10 <sup>7</sup>							
Образцы диаметром 10 мм: <sup>1</sup> гладкие <sup>2</sup> 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 <sub>в</sub> = 410 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,6 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—		
<b>Назначение.</b> Сварные, клепаные и болтовые конструкции повышенной прочности в виде сортового, фасонного и листового проката, а также малонагруженные детали.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Состояние стали		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Состояние поставки			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80				
196–225	—	При σ <sub>в</sub> = 400–510 Н/мм <sup>2</sup>		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				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 <sub>v</sub> = 1,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее или в пределах	
ГОСТ 380–2005	Лист горячекатаный			До 10	265	410–530	24	—	—	—	—		
				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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб	HB		
	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	—		
				3,0–9,9	—	—	—	—	98	—	—		
	10–25	—	—	—	—	88	—	—					
26–40	—	—	—	—	69	—	—						
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее или в пределах	
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [1]		Состояние стали	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C					Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 20	0	- 20	- 40	- 60		- 80
196-235	—	При $\sigma_b = 410-530$ Н/мм <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—

#### Механические свойства при повышенных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>т</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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							
				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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> .											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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.										
<b>Назначение.</b> Из стали марки Ст4сп3 изготавливаются шайбы с температурой среды до 350°C и условным давлением $P_y$ до 10 Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup> ; гайки с температурой среды до 350°C, условным давлением $P_y$ 2,5 Н/мм <sup>2</sup> . Сварные, клепаные и болтовые конструкции повышенной прочности в виде сортового, фасонного и листового проката, а также для малонагруженных деталей.											
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1, 4]		Состояние стали		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C					Термообработка		
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 20	0	– 20	– 40	– 60			– 80
196–235	—	При $\sigma_b = 410–530$ Н/мм <sup>2</sup>		—	—	—	—	—	—	—	
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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—		
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>b</sub> = 630 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,2 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—
ГОСТ 16523-97	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	21	—	—	—	—

**Назначение.** Из сталей марок Ст5сп2 и Ст5сп5 изготавливаются болты, шпильки, пробки и хомуты с предельными параметрами: температурой среды до 350°C, условным давлением  $P_u$  до 2,5 Н/мм<sup>2</sup>; шайбы с температурой среды до 350°C и условным давлением  $P_u$  до 10 Н/мм<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup> [1, 4]			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [4]					Состояние стали
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	+ 20	0	- 10	- 40	Толщина листа, мм	
274	—	10 <sup>6</sup>	71	—	24	12	11	$\sigma_{0,2} = 285-295$ Н/мм <sup>2</sup>
			57	—	24	10	20	
223	—	5·10 <sup>6</sup>	71	—	36	15	40	$\sigma_{0,2} = 255-265$ Н/мм <sup>2</sup>
			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 <sup>2</sup> $K_v = 1,2$ (твердый сплав), $K_v = 1,2$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Состояние стали		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 40	– 60			– 80		
245	—	При σ <sub>в</sub> = 590 Н/мм <sup>2</sup> .		—	—	—	—	—	—	—	—	—	
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 <sub>в</sub> = 640 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,95 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—			
<b>Назначение.</b> Шпиндели, клинья, ломы строительные, пальцы поршней, стержневая арматура периодического профиля и др.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Состояние стали		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 30	– 40	– 60			– 80		
245	—	При σ <sub>b</sub> = 590 Н/мм <sup>2</sup> .		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 <sub>b</sub> = 640 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,95 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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, °С			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	As	N	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ <sub>4</sub> , %	δ <sub>5</sub> , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Состояние материала			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
ГОСТ 503–81	Лента холоднокатаная			До 1,5	—	310–440	17	—	—	мягкая полунагартованная			
				Свыше 1,5 до 2	—	310–440	18	—	—	мягкая полунагартованная			
				Свыше 2 до 2,9	—	310–440	20	—	—	мягкая полунагартованная			
				От 3,0 до 4,0	—	310–440	—	24	—	мягкая полунагартованная			
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб	HB		
	Операция	t, °С	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	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 <sup>1</sup>	—	370	8	55	—	—	≤ 179	
<sup>1</sup> Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB												
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда																				
[1]	Нитроцементация	880–900	Вода	Параметры и свойства образцов не определяются						Поверхности 50–60	Сердцевины $\geq 137$												
	Закалка	840–850																					
	Отпуск	160–180																					
	Цементация	920–950	Вода							Параметры и свойства образцов не определяются						Поверхности 56–62	Сердцевины $\geq 137$						
	Закалка	780–810																					
	Отпуск	160–180																					
	Цианирование	820–860	Вода													Параметры и свойства образцов не определяются						Поверхности 56–62	Сердцевины $\geq 137$
	Закалка	820–860																					
	Отпуск	160–180																					

**Назначение.** После нормализации или без термообработки — шайбы, патрубки, прокладки, валки тяг, облицовка кузовов, стаканы и другие неотчетственные 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 — неотчетственные ненагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и износостойкости при невысокой прочности сердцевины.

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]		Состояние стали	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+20	0	-20	-30	-40	-60	
176	—	При $\sigma_{0,2} = 195$ Н/мм <sup>2</sup> , $\sigma_b = 325$ Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , 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	Флокеночувствительность
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 <sup>2</sup> $K_v = 2,10$ (твердый сплав), $K_v = 1,65$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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, %										НД		Температура критических точек, °С			
С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	As	N	Cu	ГОСТ	Ас <sub>1</sub>	Ас <sub>3</sub>	АГ <sub>1</sub>	АГ <sub>3</sub>	
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 <sup>2</sup>	$\sigma_n$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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								
21-32	175	290	33	60	d=a												
33-60	175	290	32	60		≤ 100											
ГОСТ 4041-71	Термическая обработка			4,0-14,0	—		270-370	34	—	—	HRB ≤ 55	≤ 100					
ГОСТ 5663-79	Без термической обработки	1 класс			1,0-6,0	—	440-590	—	55	—							
		2 класс										—	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							
				Свыше 2,0	—	260-380	28	—	d=a								
	Термически обработанный холоднокатаный лист			До 2,0	—	260-380	26	—		—	d=0						
				Свыше 2,0	—	260-380	29	—	d=a								

**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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 20	0	- 20	- 30	- 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	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 <sup>2</sup> $K_n = 2,10$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ag <sub>1</sub>	Ag <sub>3</sub>	
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	
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ <sub>4</sub> , %	δ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб	НВ
	Операция	t, °C	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\delta_{10}$ , %	Изгиб	HRB	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	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			—	—	390-540	—	—	—	—	—	
Г3											
Г2			—	—	540-690	—	—	—	—	—	
Г3											—

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	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 <sup>1</sup>	—	390	8	50	—	—	≤ 187

<sup>1</sup> Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °C	Условное давление P <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °C	Условное давление P <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>
10	ГОСТ 1050–88	—	—	До 350	2,5	До 450	—

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НРС	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[1]	Цементация	920–950	Вода	До 20	250	400	25	55	—	Поверхности 56–62	Сердцевины $\geq 137$
	Закалка	790–810									
	Отпуск	180–200									
	Цианирование	820–860	Вода, масло или раствор NaOH								
Закалка	820–860	Не определяются									
Отпуск	180–200			Поверхности 56–62							
		Воздух									Сердцевины $\geq 137$

**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 <sup>2</sup> [1]			Термообработка	НД	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C				Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N			+ 20	– 30	– 40	– 60		
160–220	52	10 <sup>5</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч		
		1/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[4]	400	108	—	78
	450	—	69	44

#### 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 <sup>2</sup> $K_t = 2,1$ (твердый сплав), $K_v = 1,6$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ		
		Операция	t, °С	Охлаждающая среда	Класс									не менее или в пределах	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup>, 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
		1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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 $\leq 143$ НВ и $\sigma_B = 330$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 2,1$ (твердый сплав), $K_v = 1,6$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ		
	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб	НВ		
	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ		
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда	Класс								
ГОСТ 5663-79	Проволока без термической обработки			1 класс	∅ 1,0-6,0	—	470-620	—	55	—	—	—
				2 класс	∅ 1,0-6,0	—	640	—	50	—	—	—
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	
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).												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	Класс прочности	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
ГОСТ 10234-77	Лента отожженная (О) <sup>1</sup>			s 0,1-4,0	—	≤ 540	≥ 15	—	—	—	—	
	Лента нагартованная (Г) <sup>1</sup>			ширина	—	490-830	—	—	—	—	—	
	Лента отожженная (ОП) <sup>1</sup>			0,5-12	—	≤ 410	—	—	—	—	—	
	Лента нагартованная (Г) <sup>1</sup>			—	—	390-540	—	—	—	—	Г1	
				—	—	540-690	—	—	—	—	Г2	
				—	—	690-830	—	—	—	—	Г3	
<sup>1</sup> О, ОП, Г, Г1, Г2, Г3 — состояние поставки.												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—	—	—	—	≤ 143
	Прокат горячекатаный и горячекатаный со специальной отделкой поверхности без термической обработки			Круглый от 5 до 45	—	—	—	—	—	—	≤ 143	
				Шестигранный от 8 до 48	—	—	—	—	—	—	—	≤ 149
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 <sup>2</sup>	—	320-420	—	—	—	—	—	≤ 149	
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 <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	≤ 197
<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[1]	Цементация	900-920	Воздух	Образцы	Не определяются					Поверхности 56-62	Сердцевины $\geq 149$
	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 <sup>2</sup> [1]		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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: ответственного назначения		Нормализация, два переохлаждения, отпуск	
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
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	As	N	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>n</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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				
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 <sub>v</sub> = 1,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	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 <sup>1</sup>	—	—	d=a	—			
	Нормализация	880-910	Воздух	Свыше 20 до 100	230	400-550	27 25 <sup>1</sup>	—	—	d=2a	—			
				От 100 до 160	210	380-520	25 23 <sup>1</sup>	—	—	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	—		
<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\delta_{10}$ , %	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 10234–77	Лента отожженная:			s 0,1–4,0 ширина	—	≤ 540	15	—	—	—	—
	О				—	≤ 410	—	—	—	—	—
	ОП			0,5–12	—	490–830	—	—	—	—	—
	Лента нагартованная:				—	390–540	—	—	—	—	—
	Г				—	540–690	—	—	—	—	—
	Г1				—	690–830	—	—	—	—	—
Г2			—	—	—	—	—	—	—	—	
Г3			—	—	—	—	—	—	—	—	

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

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	—	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 <sup>2</sup>	—	490	7	40	—	—	≤ 207

<sup>2</sup> Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб	НВ
	Операция	t, °C	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 20700-75	Категория III. Углеродистые стали			До 250	Гайки						
	—							≤ 163			

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 (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, °C	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_t$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	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 <sub>к</sub> ≤ 20°C	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_p$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	T <sub>K</sub> , °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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 кованой заготовки) после нормализации			ø 25-465	216	412-549	24	45	49	—	—			
	Нормализация	920-950 <sup>3</sup>	Воздух	s 2,5-60								22 <sup>1</sup>	40 <sup>1</sup>	39 <sup>1</sup>
	Горячепрессованные трубы (из непрерывнолитой заготовки) после нормализации			ø 57-219	216	412-549	24	45	49	—	—			
	Нормализация	920-950 <sup>4</sup>	Воздух	s 3,5-30								22 <sup>1</sup>	40 <sup>1</sup>	39 <sup>1</sup>
	Горячепрессованные редуцированные трубы (из катаной и кованой заготовки) после нормализации			ø 25-42	216	412-549	24	45	49	—	—			
	Нормализация	920-950	Воздух	s 2,5-10								22 <sup>1</sup>	40 <sup>1</sup>	39 <sup>1</sup>
	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 <sup>1</sup>	40 <sup>1</sup>	39 <sup>1</sup>
Холодно- и теплodeформированные трубы после нормализации			ø 10-108	216	412-549	24	45	49	—	—				
Нормализация	920-950	Воздух	s 2,0-13								22 <sup>1</sup>	40 <sup>1</sup>	39 <sup>1</sup>	

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

<sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч				HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			1·10 <sup>5</sup>		2·10 <sup>5</sup>				
ТУ 14-3Р-55-2001	Нормализация	920-950	Воздух	250	196	—		—		—	—	
				400	137	—		—				
				450	127	78		56				
				500	—	38		—				
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ТУ 14-3-190-82	Горячедеформированные трубы			$\phi$ 20-420 s 2,5-18	245	412-588	21	45	49	—	—	
	Холоднодеформированные трубы			$\phi$ 5-108 s 0,5-17	245	412-588	21	45	49	—	—	
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее
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 <sup>1</sup>	—	—	59 <sup>1</sup>	—	
	ПС			Сварное соединение трубы $\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	T <sub>k</sub> , °C	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее
ТУ 108.11.902-87	Лист термически обработанный			От 20 до 250	20	176	353	20	45 <sup>1</sup>	≤ 40	—	
	Закалка	ПС	Отпуск		350	159	274	18	45 <sup>1</sup>	—	—	
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее или в пределах
[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 <sup>5</sup>	300-350	500-600	18	45	55	Поверхности 54-62	Сердцевины ≥ 156	
Закалка	800-820	Вода										
Отпуск (Режим 2)	180-200	Воздух										

<sup>5</sup> 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 <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]				Термообработка
НД	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	+ 20		- 20	- 40	- 60		
[1]	210	130	10 <sup>7</sup>	Нормализация с отпуском	120	69	48	10	Отжиг	
	260	460	10 <sup>7</sup>	Закалка с отпуском						
[4]	206	—	10 <sup>7</sup>	$\sigma_{0,2} = 320$ Н/мм <sup>2</sup> ; $\sigma_B = 500$ Н/мм <sup>2</sup>	160	111	88	15-39	Нормализация	
	245	—	10 <sup>7</sup>	$\sigma_{0,2} = 310$ Н/мм <sup>2</sup> ; $\sigma_B = 520$ Н/мм <sup>2</sup>						
	225	—	10 <sup>7</sup>	$\sigma_{0,2} = 280$ Н/мм <sup>2</sup> ; $\sigma_B = 490$ Н/мм <sup>2</sup>	160	111	88	15-39	Нормализация	
	205	127	10 <sup>7</sup>	Нормализация 910°С, отпуск 620°С						
	193	—	10 <sup>7</sup>	$\sigma_{0,2} = 280$ Н/мм <sup>2</sup> ; $\sigma_B = 420$ Н/мм <sup>2</sup>						
	255	451	10 <sup>7</sup>	Цементация 930°С, отпуск 190°С						

## Механические свойства при повышенных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее			
												$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее			
												$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %
[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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[3, 5]	Нормализация	880–900	Воздух	400	Продольные образцы				
					—	—	—	—	100
					—	—	—	—	75
					123	80	—	—	50
					85	60	—	—	36
					60	40	—	—	25
[4]	ПС			400	—	—	108	78	—
				450	—	—	69	44	—

Релаксационная стойкость (пруток)													
НД	Режим термообработки			t, °C	σ <sub>0</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение σ <sub>t</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sub>доп</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , при расчетной t <sub>стекли</sub> , °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 <sub>в</sub> = 460–500 Н/мм <sup>2</sup> К <sub>v</sub> = 1,7 (твердый сплав), К <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>b</sub> = 460–500 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>b</sub> = 460 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,5 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>n</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб	НВ			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее		
ГОСТ 1577-93	Лист. Без термообработки, после контролируемой прокатки или нормализованный			До 20	—	380	27	—	—	d=a				
				21-32	—	380	25	—	d=2a					
				33-160	—	380	24	—						
	Лист отожженный или высокоотпущенный			До 20	—	340	28	—	—	d=a	≤ 156			
				21-32	—	340	26	—	d=2a					
				33-160	—	340	25	—						
Полоса нормализованная			До 20	225	380	27	55	—	d=a					
			21-32	225	380	25	55	d=2a						
			33-60	225	380	24	55							
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	—
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				
		Холоднокатаный лист		До 2,0	—	330-460	24	—	—	d=0				
				Свыше 2,0	—	330-460	25	—	—	d=a				
ДЦ	Цементация Закалка Отпуск	920-950 800-820 180-200	Вода Воздух	ø 50	300	500	16	40	50	HRC Поверхности ≤ 54-62	Сердцевинные ≥ 156			
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 Заготовка	1280-750 1280-750	Поковки всех размеров: ответственного назначения		Нормализация, два переохлаждения, отпуск				На воздухе						
		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 <sub>n</sub> ≤ 460 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	375	550–700	19	—	—	35	—			
	Отпуск	550–600	Воздух	От 16 до 40 <sup>1</sup>	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			
<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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			
				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 23 <sup>2</sup>	—	—	d=2a	≤ 170			
				От 16 до 20	240	420–570	25 23 <sup>2</sup>	—	—	d=2a	≤ 170			
				От 20 до 100	240	420–570	25 23 <sup>2</sup>	—	—	d=3a	≤ 170			
				От 100 до 160	220	400–550	23 21 <sup>2</sup>	—	—	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	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	—

<sup>2</sup> Поперечные образцы.

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

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	Температура среды, °С	Условное давление $P_y$ , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °С	Условное давление $P_y$ , Н/мм <sup>2</sup>
25	ГОСТ 1050–88 ГОСТ 10702–78	До 400	1,6	До 400	10	—	—

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>	—	≤ 540	—	≥ 50	—	—	≤ 170
	Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии			Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 <sup>3</sup>	—	≥ 540	≥ 7	≥ 40	—	—	≤ 217

<sup>3</sup> Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

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

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

## Механические свойства при повышенных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_{10}$ , %	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
[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 <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
		1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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 <sup>2</sup> $K_v = 1,5$ (твердый сплав), $K_v = 1,26$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>					
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					
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>																		
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	400	600–750	18	—	—	30	—							
				От 16 до 40 <sup>1</sup>	355	550–700	20	—	—	30	—							
	Отпуск	550–600	Воздух	От 40 до 63 <sup>1</sup>	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							
<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>											
							От 16 до 20					250	450–630	23	—	—	d=2a	≤ 179
							От 20 до 100					250	450–630	23	—	—	d=3a	≤ 179
			От 100 до 160	230	430–610	21	—	—	d=3a	≤ 179								
						19 <sup>2</sup>												

30		Механические свойства при комнатной температуре										
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	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	—	
<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	143-179	245	
До 100	245	470	22	48	49							
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %			KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	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 <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °C	Условное давление P <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °C	Условное давление P <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>	—	≤ 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 <sup>3</sup>	—	≥ 560	≥ 7	≥ 40	—	—	≤ 229

<sup>3</sup> Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	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 <sup>2</sup> [1]		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>							

Механические свойства при повышенных температурах											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB
	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 <sup>2</sup> , 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 HB и $\sigma_b = 470$ Н/мм <sup>2</sup> K <sub>r</sub> = 1,5 (твердый сплав), K <sub>r</sub> = 1,26 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—				
	Закалка	840–880	Вода или масло	Свыше 80 до 250	315	530	18	40	69	—	—				
				До 16 <sup>1</sup>	430	630–780	17	—	—	25	—				
	Отпуск	550–600	Воздух	От 16 до 40 <sup>1</sup>	380	600–750	19	—	—	25	—				
				От 40 до 100 <sup>1</sup>	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				
<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KV, Дж	Изгиб	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 1577-93	Лист, полоса			До 16	300	480-670	21 19 <sup>2</sup>	—	—	d=2a	≤ 207
	Нормализация	860-890	Воздух	От 16 до 20	270	480-670	21 19 <sup>2</sup>	—	—	d=2a	≤ 207
				От 20 до 100	270	480-670	21 19 <sup>2</sup>	—	—	d=3a	≤ 207
				От 100 до 160	245	460-650	19 17 <sup>2</sup>	—	—	d=3a	≤ 207
				Лист, полоса			До 16	430	630-780	17	40
	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
				Свыше 20 до 32	315	530	18	45	—	d=3a	—
			Свыше 32 до 60	315	530	17	45	—	d=3a	—	
<sup>2</sup> Поперечные образцы.											
Ультразвуковой контроль сплошности проката (нормы сплошности по ГОСТ 22727-88).											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	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	—	45	—	—
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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		
				300-500	215	430	18	40	44	123-167	215
				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					
	Закалка	ПС		До 100	275	530	20	40	44	156-197	275
Отпуск				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/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  менее 600 Н/мм<sup>2</sup>,

150 Н/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  600–900 Н/мм<sup>2</sup>,

200 Н/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  более 900 Н/мм<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>	—	≤ 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 <sup>3</sup>	—	≥ 590	≥ 5	≥ 40	—	—	≤ 229

<sup>3</sup> Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	До 300	—	—	—	—	—	≤ 149	—
Гайки											

## 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 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/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	Температура среды, °С	Условное давление $P_y$ , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °С	Условное давление $P_y$ , Н/мм <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										не менее	
ГОСТ 23304–78	Нормализация или закалка	850–890	Воздух	До 60	20	Болты, шпильки								
						850–890	Вода или масло	274	529	20	40	49	156–207	275
		600–680	Воздух					127	—	—	—	—	—	—
	Отпуск					600–680	Воздух	До 100	20	274	529	20	40	44
		127	—							—	—	—	—	—
Нормализация	850–890	Воздух	До 100		Гайки, плоские подкладные шайбы									
					630–690	Воздух	По ГОСТ 1050–88						≤ 163	—
Отпуск	630–690	Воздух												

## Примечания.

1. Для крепежных деталей с диаметром или стороной заготовки более 80 мм допускается снижение  $\sigma_{0,2}$  на 20 Н/мм<sup>2</sup>.
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>			Термообработка						Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Термообработка
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	+ 20	0	- 20	- 30	- 50	- 60							
[1]	250	150	10 <sup>7</sup>	Нормализация с 850–890°С, отпуск при 650–680°С						64	—	48	46	14	12	Нормализация с 850°С, воздух
[4]	265	—	10 <sup>7</sup>	Нормализация с 850°С, $\sigma_b = 570$ Н/мм <sup>2</sup>												
	245	147	10 <sup>7</sup>	Нормализация с 850–890°С, отпуск при 650–680°С												
	402	—	10 <sup>7</sup>	Закалка с 850°С, отпуск при 650°С, $\sigma_b = 710$ Н/мм <sup>2</sup>												

## Механические свойства при повышенных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>отп.</sub> , °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 $\leq 187$ НВ и $\sigma_b = 520$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 1,26$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>					
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	460	650–800	16	—	—	—	20	—	—					
				От 16 до 40 <sup>1</sup>	400	630–780	18	—	—	—	20	—						
	Отпуск	550–600	Воздух	От 40 до 100 <sup>1</sup>	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						
<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>											
							От 16 до 100							290	530–720	19	—	—
	Лист, полоса			До 16	460	650–800	17	—	—	—	—	—	≤ 217					
Отпуск	540–680	Воздух	15 <sup>2</sup>															
Закалка	830–860 840–870	Вода Масло	До 16	460	650–800	16	35	30	—	—	—	—						
			Свыше 16 до 40	400	630–780	18	40	30	—	—								
Отпуск	540–680	Воздух	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	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	—	—	—	
<sup>2</sup> Поперечные образцы.												
Ультразвуковой контроль сплошности проката (нормы сплошности по ГОСТ 22727-88).												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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					
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).												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ГОСТ 10234- 77	Отжиг			s 0,1-4,0	—	690	10	—	—	—	—	
ширина 0,5-12												

40		Механические свойства при комнатной температуре									
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>	— —	≤ 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 <sup>3</sup>	—	+	+	+	—	—	≤ 241

<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	Температура среды, °С	Условное давление $P_y$ , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °С	Условное давление $P_y$ , Н/мм <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	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, бандажи, 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 <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]				Термообработка
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	0	– 40	– 80	
[1]	317	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>7</sup>	Закалка 845°С, вода, отпуск 550°С; $\sigma_b = 710$ Н/мм <sup>2</sup>					
[4]	231	—	10 <sup>7</sup>	Отжиг 850°С; $\sigma_{0,2} = 275$ Н/мм <sup>2</sup> ; $\sigma_b = 520$ Н/мм <sup>2</sup>					
	393	—	10 <sup>7</sup>	Закалка 845°С, вода; отпуск 550°С; $\sigma_{0,2} = 600$ Н/мм <sup>2</sup> ; $\sigma_b = 710$ Н/мм <sup>2</sup> ; 209 НВ					
	230	—	10 <sup>7</sup>	Закалка 845°С, масло; отпуск 430°С; $\sigma_{0,2} = 415$ Н/мм <sup>2</sup> ; $\sigma_b = 630$ Н/мм <sup>2</sup>					

#### Механические свойства в зависимости от температуры испытания

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	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	—
					не менее						

#### Механические свойства при повышенных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
[4, 6]	После прокатки. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с			Образец	700	99	140	48	85	—	—	
					800	70	110	53	97	—	—	
					900	54	71	55	100	—	—	
					80	1000	28	58	69	100	—	—
					1100	24	37	60	100	—	—	
					1200	16	26	87	100	—	—	
					1300	12	18	56	100	—	—	
					не менее							

40												
Механические свойства при повышенных температурах												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	
	Нормализация	840–850	Воздух		20	415	710	22	47	55	—	—
					200	360	700	14	43	85	—	—
					400	305	600	23	66	70	—	—
					500	260	400	21	56	45	—	—
					Нормализация Отпуск	840–860 650	Воздух Воздух	20	350	650	21	39
	200	280	605	30				51	95	—	—	
	300	275	600	13				34	95	—	—	
	400	255	520	24				65	90	—	—	
	500	230	355	27				68	65	—	—	
	Закалка Отпуск	830–850 650	Масло Воздух	20	505	720	22	66	130	—	—	
				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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[5]	Нормализация			ø 80	Сортовой прокат						
					340	580	19	46	60	—	—
				4	Лист холоднокатаный						
					—	520	18	—	—	—	—
				4	Лист горячекатаный						
					—	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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	$t$ , °С	Охлаждающая среда		$t$ , °С	$\tau$ , ч						
[5]	Нормализация Отпуск	840–860	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	Масло	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
		$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$	$1/10^5$
[4, 6]	400	250	190	103
	450	140	97	50
	500	70	44	30

Релаксационная стойкость стали														
НД	Режим термообработки			$t$ , °С	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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					НВ		
		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 $\sigma_b = 530$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 1,2$ (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	<b>Сортовой прокат</b> — ГОСТ 1050–88, ГОСТ 10702–78. <b>Лист</b> — ГОСТ 1577–93, ГОСТ 16523–97. <b>Полоса</b> — ГОСТ 1577–93. <b>Лента</b> — ГОСТ 2284–79. <b>Покówki</b> — 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. <b>Трубы</b> — ГОСТ 8731–74, ГОСТ 8733–74, ГОСТ 13663–86. <b>Проволока</b> — ГОСТ 5663–79. <b>Крепежные детали</b> — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78.												
	<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 1050–88, ТУ 108.11.890–87</b>									<b>Температура критических точек, °С</b>			
С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	As	N	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	≤ 229
				Свыше 80 до 250	355	600	14	35	49	—	≤ 197
	Закалка	820–860	Вода или масло	До 16 <sup>1</sup>	490	700–850	14	—	—	15	—
				От 16 до 40 <sup>1</sup>	430	650–800	16	—	—	15	—
	Отпуск	550–600	Воздух	От 40 до 100 <sup>1</sup>	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	

<sup>1</sup> 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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KV, Дж	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 1577-93	Лист, полоса			До 16	340	580-770	17	—	—	—	≤ 229
	Нормализация	840-870	Воздух				15 <sup>2</sup>				
				От 16 до 100	305	580-770	17	—	—	—	≤ 229
	15 <sup>2</sup>										
	От 100 до 160	275	560-750	15	—	—	—	—	≤ 229		
				13 <sup>2</sup>							
	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	—	—	
Полоса нормализованная			До 20	355	600	16	40	—	—	—	
			Свыше 20 до 32	355	600	14	40	—	—	—	
			Свыше 32 до 60	355	600	13	40	—	—	—	

<sup>2</sup> Поперечные образцы.

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

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее или в пределах	
ГОСТ 2284-79	Лента отожженная			0,1-4,0	—	440-690	14	—	—	—	—		
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	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	—	560-710	—	55	—	—		
				2 класс	φ 1,0-6,0	—	740	—	40	—	—		
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	КП		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее	
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	275
				100-300	275	530	17	38	34				
	Закалка Отпуск	ПС		До 100	315	570	17	38	39	167-207	315		
				300-500	275	530	15	32	29	156-197	275		
				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/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  менее 600 Н/мм<sup>2</sup>,

150 Н/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  600-900 Н/мм<sup>2</sup>,

200 Н/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  более 900 Н/мм<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>	—	≤ 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 <sup>3</sup>	—	+	—	+	—	—	≤ 241
<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	Температура среды, °С	Условное давление $P_u$ , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °С	Условное давление $P_u$ , Н/мм <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>4</sup>	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														

<sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , при t, °C					Термообработка	
НД	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>				НД	+ 20	- 20	- 40	- 60		- 80
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$									
[1]	280	170	10 <sup>7</sup>	[1]	90-94	61	61	49	40	Нормализация и отпуск	
[4, 6]	245	157	—	[4, 6]	Пруток диаметром 25 мм					Горячая прокатка Отжиг Нормализация Закалка + отпуск	
	421	—	—		14-15	10-14	5-14	3-8	—		
	231	—	—		42-47	27-34	27-31	13	—		
	331	—	—		49-52	37-42	33-37	29	—		
	Нормализация с 850°C, отпуск при 550-650°C					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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—		
			$\phi$ 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 <sub>отп</sub> , °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[4]	Закалка	850	Вода	Образец $\phi$ 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 $\phi$ 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,0 (быстрорежущая сталь)	Мало чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Не склонна



50		Механические свойства при комнатной температуре									
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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, крупносортовых, 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 <sup>2</sup> [1]		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда							
[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	—
	Отпуск	580–600	Воздух или печь	201–300	305	610	14	33	29	—
				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 <sub>отп.</sub> , °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
		1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,7 (быстрорежущая сталь)	Мало чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	—				
				От 16 до 100	330	630–870	15 13 <sup>1</sup>	—	—			≤ 255	
				От 100 до 160	300	610–850	13 11 <sup>1</sup>	—	—				
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	—	—	—		
				От 16 до 100	340	650–920	14 12 <sup>1</sup>	—	—	—	≤ 255		
				От 100 до 160	310	630–880	12 10 <sup>1</sup>	—	—	—	—		
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 2284-79	Отжиг			0,1-4,0	—	440- 740	10	—	—		

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>		Состояние стали	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 20	0	- 20	- 30	- 40	- 50	
350	—	При $\sigma_b = 710$ Н/мм <sup>2</sup> .							
373	—	При $\sigma_b = 510$ Н/мм <sup>2</sup> .							

#### 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
	1220-800	Остальные поковки: а) до 400, б) 401-800, в) > 800	а) на воздухе, б) отжиг низкотемпературный, в) отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение			

Свариваемость	Обрабатываемость резанием	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
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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, °C			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Примечание	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ <sup>1</sup> , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	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								
<sup>1</sup> Нормы относительного сужения даны только для круглых образцов.												
<b>Назначение.</b> Крановые колеса, рессоры и пружины, пружины амортизаторов, замки сцепления, круглые и плоские пружины, пружины клапанов двигателей автомобилей и т.д.												
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t °C						Термообработка	
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 20	0	– 20	– 30	– 40	– 50		
392	—	При σ <sub>b</sub> = 1085 Н/мм <sup>2</sup> .									—	
—	350–400	Закалка с 820°C в масле, отпуск при 480°C, 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	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 <sub>r</sub> = 0,85 (твердый сплав)						Мало чувствительна			
									Склонность к отпускной хрупкости			
									Не склонна			

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
85		Сортовой прокат, фасонный прокат, полоса — ГОСТ 14959–79.											
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 14959–79</b>									<b>Температура критических точек, °C</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Примечание	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ <sup>1</sup> , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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				

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>		Состояние стали	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	- 20	- 30	- 40	- 50	
	343–392	Проволока: σ <sub>0,2</sub> = 640–880 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 910–1320 Н/мм <sup>2</sup>							

**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 <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав)	Мало чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>					
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	KCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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								
<b>Назначение.</b> Детали паровых котлов (фланцы, днища, цельнокованые и сварные барабаны) и сосудов, работающие под давлением при температуре до 450°С.																		
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]					Термообработка								
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 20	0	– 20	– 30	– 40			– 50						
—	—	—			88	—	49	—	39	—	Горячекатаное состояние							
НД	Пределы текучести, σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч									
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>								
[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 <sup>2</sup> $K_v = 1,96$ (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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСV, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
ГОСТ 5520–79	Нормализация			До 5	20	не менее или в пределах							
						Лист категорий 2–5, 10, 11, 16, 18							
				5–20	20	225	400–490	22	—	—	—	—	—
					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 <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч								
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>							
[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						
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						
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 <sup>2</sup> K <sub>r</sub> = 2,13 (твердый сплав), K <sub>r</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	КCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—	—	—	—
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч							
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>						
[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 <sup>2</sup> $K_v = 1,45$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>				
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	KCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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.													
				<b>Назначение.</b> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда	t, °С	$\tau$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	20	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	—											
600	69–98	110–150	36–48	84–91	113	—										

Пределы длительной прочности и ползучести					
НД	t, °С	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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 <sup>2</sup> $K_v = 1,56$ (твердый сплав), $K_v = 1,3$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sup>1</sup> , 22К-Ш <sup>1</sup>
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 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> 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%.

<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 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<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  менее 600 Н/мм<sup>2</sup>,

150 Н/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  600-900 Н/мм<sup>2</sup>,

200 Н/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  более 900 Н/мм<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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			Свыше 200 до 400 вкл.	215	430-590	19	38	49	—	123-167

## Механические свойства металла поковок при повышенных температурах

НД	Режим термообработки			t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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		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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	КП	не менее	
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	—		
		22К, 22К-Ш	До 150	350	230	410	18	45	—	29	—		
		22К, 22К-Ш	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.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—	6	—
					-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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч				Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч							
		1·10 <sup>4</sup>		1·10 <sup>5</sup>		1/10 <sup>4</sup>		1/10 <sup>5</sup>					
[4, 5]	400	—				208							
	450	139		98		94		63					
	500	83		59		—		—					
	525	67		47		—		—					
t, °C	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [5]			Вид образца	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1, 4]						Термообработка	
		$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80		
20	460	315	—	10 <sup>6</sup>	Гладкий ø 8 мм	118-157	—	77-113	11-138	—	—	Листы толщиной 30-70 мм. Нормализация 930°C. Отпуск 600-650°C	
100	460	275	—	10 <sup>6</sup>									
180	—	235	—	10 <sup>6</sup>									
250	480	285	—	10 <sup>6</sup>									
350	469	295	—	10 <sup>6</sup>									
400	429	300	—	10 <sup>6</sup>									
450	370	300	—	10 <sup>6</sup>									
500	300	255	—	10 <sup>6</sup>									
t, °C	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	С надрезом глубиной 1 мм, R <sub>n</sub> = 0,5 мм, ø 8 мм	Коррозионная стойкость [1]				Балл стойкости			
						Вид коррозии	Среда	t, °C	Длительность, ч				
20	460	185	—	10 <sup>6</sup>	Общая	Водные растворы, содержащие 5-15 мг/кг Cl <sup>-</sup> и до 6 мг/кг O <sub>2</sub>	200-300	3000	2				
100	460	—	—	10 <sup>6</sup>									
180	—	185	—	10 <sup>6</sup>									
250	480	185	—	10 <sup>6</sup>									
350	469	205	—	10 <sup>6</sup>									
400	429	—	—	10 <sup>6</sup>									
450	370	195	—	10 <sup>6</sup>									
500	300	—	—	10 <sup>6</sup>									
					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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [5]			Материал	Термообработка	Сортамент
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N			
185	—	10 <sup>7</sup>	Основной металл	Исходное состояние	Пруток $\phi$ 20 мм
145	—	10 <sup>7</sup>	Сварной шов	Без термической обработки	
155	—	10 <sup>7</sup>	Сварной шов	Нормализация	
155	—	10 <sup>7</sup>	Сварное соединение	Нормализация и отпуск	
152	—	10 <sup>7</sup>	Основной металл	Исходное состояние	Пруток $\phi$ 150 мм
> 135	—	10 <sup>7</sup>	Сварной шов	Без термической обработки	
—	—	—	Сварной шов	Нормализация	
120	—	10 <sup>7</sup>	Сварное соединение	Нормализация и отпуск	
165	—	10 <sup>7</sup>	Основной металл	Исходное состояние	Пруток $\phi$ 200 мм
< 150	—	10 <sup>7</sup>	Сварной шов	Без термической обработки	
—	—	—	Сварной шов	Нормализация	
—	—	—	Сварное соединение	Нормализация и отпуск	
160	—	10 <sup>7</sup>	Основной металл	Исходное состояние	Поковки 50 × 75 мм
140	—	10 <sup>7</sup>	Сварной шов	Без термической обработки	
—	—	—	Сварной шов	Нормализация	
140	—	10 <sup>7</sup>	Сварное соединение	Нормализация и отпуск	
145	—	10 <sup>7</sup>	Основной металл	Исходное состояние	Поковки 200 × 200 мм
135	—	10 <sup>7</sup>	Сварной шов	Без термической обработки	
105	—	10 <sup>7</sup>	Сварной шов	Нормализация	
125	—	10 <sup>7</sup>	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	Обработываемость резанием	Флокеночувствительность		Температура критических точек, °С			
		Не чувствительна		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ag <sub>1</sub>	Ag <sub>3</sub>
		Склонность к отпускной хрупкости		725	845	680	815
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка		В закаленном и отпущенном состоянии при $\sigma_b = 440$ Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>в</sub> = 410 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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		
<b>Назначение.</b> Мелкие детали машин и приборов, малонагруженные детали сложной формы, к которым предъявляются повышенные требования по точности размеров и качеству поверхности.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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		
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>b</sub> = 510 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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		
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	—		+ 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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		
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	—		+ 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 <sub>в</sub> = 590 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>r</sub> = 1,3 (твердый сплав), K <sub>r</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
ГОСТ 4728–96	Нормализация					580–615	20		50 <sup>1</sup> 35 <sup>2</sup>		—		
									620–645			19	40 <sup>1</sup> 30 <sup>2</sup>
									Более 650			18	35 <sup>1</sup> 30 <sup>2</sup>
<sup>1</sup> Среднее арифметическое значение по 4–м образцам. <sup>2</sup> Минимальное значение для отдельных образцов.													
Назначение. Оси локомотивов, дизель-, электропоездов, вагонов железных дорог и вагонов метрополитена.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sup>3</sup> . 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 <sub>b</sub> = 580 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	T <sub>50</sub> , °С			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								не менее или в пределах		
ТУ 14-1-3333-82	20ЮЧ			Лист 22–110	20 –40	235 —	412 —	22 —	— 50	— —			
	Нормализация	900	Воздух								Трубная заготовка ø 115–180	20 –40	235–382 —
[43]	20ЮЧ			Лист 22–110	20 –40	235–400 —	440–560 —	25–37 —	— 50–190	0 – –25 —			
	Нормализация	920	Воздух								Трубная заготовка ø 115–180	20 –40	240–400 —
ТУ 14-3-1073-82	20ЮЧ			Трубы бесшовные ø 42–426	20 –40	240 —	420 —	23 —	— 50	— —			
[43]	20ЮЧ			Трубы бесшовные ø 42–426	20 –40	310–395 —	510–575 —	28–34 —	— 152–170	— —			
ТУ 14-1-3755-85	20ЮЧ-ПВ			Трубная заготовка ø 90–180	20 –40	235 —	410 —	23 —	— 98	— —			
	Нормализация	ПС											
[38]	20ЮЧ-ПВ			Трубная заготовка ø 90–180	20 –40	345 —	510 —	35 —	— 127–150	–80 —			
Свойства листовой стали определяли после нормализации на поперечных образцах, трубной заготовки и труб — на продольных.													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	T <sub>50</sub> , °С			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								не менее или в пределах		
ТУ 14-242-166-77	20ЮЧ			Труба ø 25–325	20 –40	240 —	420 —	23 —	— 50	— —			
	Нормализация	900	Воздух								Отпуск	650	Воздух
[43]	20ЮЧ			Труба ø 25–325	20 –40	310–395 —	510–575 —	28–34 —	— 152–170	— —			
	Нормализация	900	Воздух	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	T <sub>50</sub> , °С	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										не менее или в пределах
ТУ 14-1-1-1551-76	20ЮЧ			Лист 65–100	20 –40	230 —	410 —	20 —	50 —	— 40	— —	— —	
	ПС												
[43]	20ЮЧ			Лист 65–100	20 –40	250–310 —	450–490 —	33–36 —	53–64 —	120 54	75 36	–15 —	
	ПС												20
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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч			
			1·10 <sup>5</sup>			
[43]	Водный раствор NaCl (100 г/л) плюс насыщение H <sub>2</sub> S до pH = 3,7–4,0	50	140			
Коррозионная стойкость [38, 43]						
Вид коррозии	Сортамент	Среда	t, °C	$\sigma^1$ , Н/мм <sup>2</sup>	Длительность, ч	Коэффициент длины трещины, %
Общая	—	—	—	—	—	CLR = 0
Точечная	—	—	—	—	—	
Коррозионное растрескивание	—	—	—	—	—	
Сероводородное растрескивание	Лист. 22–110 мм (20ЮЧ)	Водный раствор 5% NaCl + H <sub>2</sub> S + 0,5% CH <sub>3</sub> 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. $\phi$ 115–180 мм (20ЮЧ)	Водный раствор 5% NaCl + H <sub>2</sub> S + 0,5% CH <sub>3</sub> COOH до pH = 3		0,8 $\sigma_{0,2}$	255	
				0,7 $\sigma_{0,2}$	720	
	Трубы бесшовные. $\phi$ 42–426 мм (20ЮЧ)	Водный раствор 5% NaCl + H <sub>2</sub> S + 0,5% CH <sub>3</sub> COOH до pH = 3		0,8 $\sigma_{0,2}$	323	
				0,7 $\sigma_{0,2}$	720	
	Трубная заготовка. $\phi$ 90–180 мм (20ЮЧ-ПВ)	Водный раствор 5% NaCl + H <sub>2</sub> S + 0,5% CH <sub>3</sub> COOH до pH = 3		0,8 $\sigma_{0,2}$	720	
	Лист. 65–100 мм (20ЮЧ)	Водный раствор NaCl (100 г/л) + H <sub>2</sub> S до pH = 3,7–4,0	50	290	65	
Труба. $\phi$ 25–325 мм (20ЮЧ)	Водный раствор H <sub>2</sub> S		240	145		
Межкристаллитная	—					
<sup>1</sup> $\sigma$ — 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		Флокеночувствительность		
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ		В горячекатаном состоянии при $\sigma_n = 440–550$ Н/мм <sup>2</sup> $K_n = 1,7$ (твердый сплав), $K_n = 1,6$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
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	—	—							
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Состояние стали	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+20	0	-20	-40	-60	-80					
230	—	При σ <sub>в</sub> = 490 Н/мм <sup>2</sup> .	—	—	29	—	—	—	Нормализация или деформационный нагрев.				
Технологические характеристики													
Ковка		Механические свойства в зависимости от сечения заготовки											
Вид полуфабриката	Температурный интервал ковки, °С	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ <sub>10</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>в</sub> = 410 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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		Не определяются								
	Отпуск	180–200	Воздух		Не определяются								
	Цианирование	840–860			Не определяются					Поверхности 54–62	Сердцевинны ≥ 170		
	Закалка	820–840	Масло		Не определяются								
	Отпуск	180–200	Воздух		Не определяются								
<b>Назначение.</b> После нормализации или без термообработки – втулки, трубы, 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 20	0	- 20	- 40	- 60				
235	—	Нормализация с 910°С, σ <sub>в</sub> = 500 Н/мм <sup>2</sup> , 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 НВ K <sub>v</sub> = 1,00 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—		
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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	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 149–197 HB K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—			
			Воздух	Свыше 80 до 150	355	590	15	40	53	—	—			
Отпуск	550–650	Воздух	Свыше 150 до 250	355	590	14	35	50	—	—				
ДЦ	Закалка	830–850	Вода	—	Не определяются					42–48	—			
	Отпуск	180–200	Воздух	—	Не определяются					42–48	—			
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80						
328	—	Закалка 800°С, отпуск 650°С, σ <sub>b</sub> = 710 Н/мм <sup>2</sup> .	71	7	72	54	30	—	Горячекатаное состояние.					
335	—		47	9	10	7	—	Отжиг.						
279 <sup>1</sup>	—	Закалка с 840°С в воде, отпуск при 650°С.	177	159	140	120	84	—	Закалка и отпуск.					
<sup>1</sup> 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	На воздухе					
		Остальные поковки:												
Заготовка	1250–800	до 400		на воздухе		До 400	на воздухе	на воздухе	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 НВ K <sub>v</sub> = 0,95 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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					
<b>Назначение.</b> Оси, коленчатые валы, шестерни, штоки, бандажки, детали арматуры, шатуны, карданные валы, тормозные рычаги, зубчатые колеса, анкерные болты.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Состояние стали		Механические свойства в зависимости от сечения заготовок									
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Термообработка			
418	—	При σ <sub>в</sub> = 670 Н/мм <sup>2</sup> .		30	550	800	18	55	78	Закалка 840°С, вода; отпуск 570°С, воздух.			
				50	490	760	18	55	68				
409	—	При σ <sub>в</sub> = 770 Н/мм <sup>2</sup> .		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 <sub>в</sub> = 620 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,95 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	Масло или воздух	До 80	390	650	13	40	39	—	—			
			Воздух	Свыше 80 до 150	390	650	11	35	35					
Отпуск	550–650	Воздух	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	—	—	—	—	—			
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	- 20	- 40	- 50	- 70					
333	—	Закалка с 840°С, масло, отпуск при 600°С; σ <sub>в</sub> = 660 Н/мм <sup>2</sup> .		—	—	63	47	39	—	Закалка 840°С, отпуск 560–580°С; σ <sub>в</sub> = 800 Н/мм <sup>2</sup> .				
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 HB K <sub>v</sub> = 0,90 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 14–3Р–55–2001.											
Массовая доля элементов, %, по ТУ 14–3Р–55–2001								Температура критических точек, °С					
С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Т <sub>к</sub> , °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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
ТУ 14–3Р–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		Образцы поперечные								
					294	490	16	40	49	—	—		
	Горячедеформированные трубы				Ø 465–530 s 28–65	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 <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> , не менее	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		
			1·10 <sup>5</sup>		2·10 <sup>5</sup>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	KCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	HB								
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда																
ТУ 108.1268–84	В термически обработанном состоянии			До 70 71–80 81–90	295 295 275	490–635 490–635 470–635	20 19 18	40 40 40	30 30 25	30 30 30	— — —								
	не менее или в пределах																		
	Образцы поперечные																		

**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 <sup>2</sup> $K_v = 1,62$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	КCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—	—	—	34	—	—	—								
					–40	—	—	—	—	—	—	39	—	—	—								
					–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 <sup>2</sup>		Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
		не менее		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
ГОСТ 5520–79	200	245		—	—	—	—	—
	250	225		—	—	—	—	—
	300	196		—	—	—	—	—
	300	206 <sup>1</sup>		—	—	—	—	—
	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 <sup>2</sup>	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
		не менее	1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
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

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										не менее					
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	Изгиб						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда											не менее					
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Т <sub>к</sub> , °C	НВ						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда											не менее или в пределах					
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 — КСУ, поковок категории А — КСУ.

С обязательным выполнением пп. 1.17, 4.3 и 4.4.

Условный предел текучести при повышенной температуре, Н/мм <sup>2</sup>				Механические свойства металла поковок при повышенных температурах (минимальные значения)					
t, °C	Категория поковок		Примечание	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	
	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							

16ГС				Механические свойства									
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup>		Термообработка	НД	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—		
	940-960, 80-100 ч					300	200	400	22	48	230	—	
	Отпуск					350	180	460	25	66	210	—	
	600-750					400	180	410	27	64	130	—	
	Скорость 50 °С/ч					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	—	—	
	630-650, 5 ч			400	200			430	20	57	—	—	
	Скорость 150 °С/ч			20	270			450	26	60	130	—	
	Нормализация			280	270			480	14	53	—	—	
	920-950, 1 ч			400	240			460	23	66	—	—	
	До 500°С со скоростью 150 °С/ч			20	330			560	30	68	110	—	
	Нормализация			280	285			570	21	60,5	125	—	
	950, 1 ч			400	245	560	15	59	90	—			
	Воздух			20	610	920	14	41	95	—			
Закалка			280	620	950	13	30	85	—				
950, 1 ч			400	490	690	11	57	65	—				
Вода			20	220	390	23	57	95	—				
Нормализация			280	220	420	16	54	—	—				
920-950, 1 ч			400	200	410	18	58	—	—				
До 500°С со скоростью 150 °С/ч			Образцы продольные										
Отпуск			20	260	480	27	65	120	143				
600-670			280	270	590	19	43	170	143				
Горячекатаное состояние			400	240	530	25	57	—	143				

16ГС											
Механические свойства при повышенных температурах											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , при t, °C [5]		Сортамент, мм	Термообработка	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>		
				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
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , 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	—	
				600 скорость 50 °C/ч			400	4000	400	300	480	22	68

Пределы длительной прочности											
НД	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч									
		1·10 <sup>4</sup>					1·10 <sup>5</sup>				
[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 <sup>2</sup> $K_v = 1,84$ (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 <sup>1</sup>	N	Cu		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sup>2</sup>	≤ 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					
<sup>1</sup> При выплавке стали из керченских руд допускается массовая доля As до 0,15%, при этом массовая доля P — не более 0,03%. <sup>2</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	KCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>		Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч								
		не менее		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>							
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ГОСТ 19281-89	Листовой и широкополосный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии	До 5	20	345	490	23	—	64	29	d=2a		
			-40	—	—	—	—	39	—	—		
			-70	—	—	—	—	29	—	—		
			20	345	490	23	—	64	29	d=2a		
			-40	—	—	—	—	44	—	—		
			-70	—	—	—	—	29	—	—		
		Свыше 5 до 10	20	325	450	21	—	59	29	d=2a		
			-40	—	—	—	—	34	—	—		
			-70	—	—	—	—	29	—	—		
		Свыше 10 до 20	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/мм<sup>2</sup>.

#### Механические свойства стали для труб

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч		
		1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>	5/10 <sup>6</sup>
[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 <sup>2</sup> $K_v = 1,84$ (твердый сплав), $K_v = 1,7$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn [4]
Массовая доля элементов, %																
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	As <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup>	≤ 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						

<sup>1</sup> При выплавке стали из керченских руд допускается массовая доля As до 0,15%, при этом массовая доля P — не более 0,03%.

<sup>2</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	KCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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
				От 10 до 20	–40	—	—	—	—	44	—	—	—	—
					20	345	510	23	—	—	—	29	d=3,5a	
				От 5 до 50	–40	—	—	—	—	39	—	—	—	—
					0	—	—	—	—	—	34	—	—	—

Предел текучести при повышенных температурах							
НД	Предел текучести σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	KCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
ГОСТ 19281–89	Листовой и широкополосный прокат в горячекатаном или термически обработанном состоянии			Свыше 20 до 60 <sup>1</sup>	20	315	450	21	—	59	—	29	d=2a
					–40	—	—	—	—	29	—	—	—
				Свыше 20 до 60 <sup>1</sup>	–70	—	—	—	—	24	—	—	—
					20	325	450	21	—	59	—	29	d=2a
				Свыше 10 до 20	–40	—	—	—	—	29	—	—	—
					–70	—	—	—	—	24	—	—	—
				До 32 <sup>1</sup>	20	345	490	23	—	—	—	29	d=2a
					0	—	—	—	—	—	40	—	—
					–20	—	—	—	—	—	40	—	—
					–40	—	—	—	—	29	—	—	—
				До 32 <sup>1</sup>	–70	—	—	—	—	29	—	—	—
					20	345	490	23	—	—	—	29	d=2a
					0	—	—	—	—	—	40	—	—
				До 32 <sup>1</sup>	–20	—	—	—	—	—	40	—	—
					–40	—	—	—	—	29	—	—	—
				До 32 <sup>1</sup>	–70	—	—	—	—	29	—	—	—

17Г1С		Механические свойства											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, <sub>2</sub> Дж/см <sup>2</sup>	КСV, <sub>2</sub> Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механи- ческого старения, <sub>2</sub> Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	–40	—	—	—	—	29	—	—	—
					20	375	510	20	—	—	—	29	d=2a
				Свыше 32 до 50 <sup>2</sup>	–40	—	—	—	—	39	—	—	—
					–70	—	—	—	—	29	—	—	—
	Гнутые профили в горячекатаном или термически обработанном состоянии			Свыше 20 до 60 <sup>1</sup>	20	315	450	21	—	—	—	—	d=2a
					20	325	450	21	—	—	—	—	d=2a
				Свыше 10 до 20	20	345 <sup>3</sup>	490	23	—	—	—	—	d=2a
					20	345 <sup>3</sup>	490	23	—	—	—	—	d=2a
				До 10	20	355	490	21	—	—	—	—	d=2a
					20	355	490	21	—	—	—	—	d=2a
Свыше 10 до 20 <sup>1</sup>				20	355	490	21	—	—	—	—	d=2a	
Свыше 32 до 50 <sup>2</sup>	20	375	510	20	—	—	—	—	d=2a				

<sup>1</sup> Регламентируемая или контролируемая прокатка или ускоренное охлаждение.

<sup>2</sup> Закалка плюс отпуск.

<sup>3</sup> При заказе класса прочности КП 345 относительное удлинение ( $\delta$ ) должно быть не менее 23%.

Требования к механическим свойствам и ударной вязкости (за исключением КСV) 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/мм<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>										
НД	t, °C	Напряжение, % от $\sigma_{0,2}$								
		0			40			80		
		КСУ	КС <sub>3</sub>	КС <sub>p</sub>	КСУ	КС <sub>3</sub>	КС <sub>p</sub>	КСУ	КС <sub>3</sub>	КС <sub>p</sub>
[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, КС<sub>3</sub>, КС<sub>p</sub> 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 <sup>2</sup> , при t, °C [1]						Термообработка
T <sub>90</sub>	T <sub>50</sub>	T <sub>10</sub>	+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80	
+ 15	- 12	- 90	73	—	52	48	37	—	Труба горячекатаная. $\sigma_{0,2} = 320$ Н/мм <sup>2</sup> , $\sigma_b = 530$ Н/мм <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup> , $\sigma_b = 670$ Н/мм <sup>2</sup>

### 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 <sup>2</sup> $K_v = 1,84$ (твердый сплав), $K_v = 1,7$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
[17]	Нормализация	ПС	—	—	20	365–460	510–630	23	49	—	—	—
					–60	—	—	—	—	39	—	—
<b>Назначение.</b> 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 <sub>b</sub> = 460 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,84 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ag <sub>1</sub>	Ag <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
Массовая доля элементов, %													
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu						
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	<sup>1</sup> Температура нагрева 930°С.				

## Механические свойства при комнатной температуре

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\delta_p$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость сварного соединения после механического старения, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]			Место вырезки образца
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		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 <sup>2</sup> $K_v = 1,54$ (твердый сплав), $K_v = 1,26$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		Склонность к отпускной хрупкости
		Мало склонна

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>												
25ГС		Поковки — ГОСТ 8479–70.												
<b>Массовая доля элементов, %</b>								НД	<b>Температура критических точек, °С</b>					
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>	
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	<sup>1</sup> Температура нагрева 925°С.				

**Механические свойства при комнатной температуре**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 8479–70	Нормализация  Отпуск	900–930  580–610	Воздух  Воздух или с печью	До 100	275	530	20	40	44	—	156–197
				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  Отпуск	900–930  500–610	Воздух  Воздух	До 500	280	480	17	35	50	—	143–179
				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 σ <sub>b</sub> = 470 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,15 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,0 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
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 <sub>исп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—
<b>Назначение.</b> 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 <sub>IC</sub> , Н/мм <sup>3/2</sup>	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , 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 <sub>3</sub> COOH			20	720		Критическое раскрытие трещины, мм				
Сероводородное растрескивание		5% NaCl + 0,5% CH <sub>3</sub> 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 <sub>в</sub> = 600 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,55 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,0 (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна						
						Склонность к отпускной хрупкости						
						Не склонна						

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>													
<b>18ГФпс</b>		Лист — НД заводов-изготовителей.													
<b>Массовая доля элементов, %</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>					
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	V	W	Ti	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Температура нагрева 930°С.															

**Механические свойства при комнатной температуре**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ <sub>-40</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		

<sup>2</sup> КСУ при минус 70°С.<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,2 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,1 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	29			
				Свыше 10 до 20	305	440	21	—	29 <sup>1</sup>	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 <sup>1</sup>	29	d=2a			
								29 <sup>2</sup>	29	d=2a			
Свыше 20 до 32	295	430	21	—	29 <sup>1</sup>	29	d=2a						

<sup>1</sup> КСУ при минус 40°С.  
<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>		Сечение, мм	Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>n</sub> = 520 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
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.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]		Состояние стали		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [9]					Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 40	– 70			– 80		
221	—	При σ <sub>в</sub> = 530 Н/мм <sup>2</sup>		86–98	—	—	70–88	41–50	—	Лист толщиной 10 мм в состоянии поставки			
				280	—	—	153	117	—	Отжиг			
289	—	При σ <sub>в</sub> = 590 Н/мм <sup>2</sup>		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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>отп.</sub> , °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч									
		1/10 <sup>4</sup>					1/10 <sup>5</sup>				
[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			
Заготовка	1250–780										
Свариваемость			Обрабатываемость резанием			Флокеночувствительность					
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ			В термически обработанном состоянии при $\leq 197$ НВ и $\sigma_b = 420$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 1,92$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб	НВ		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
ГОСТ 17066–94	Лист горячекатаный			2–3,9	315	460	20 <sup>1</sup>	—	—	d=2a	—		
	Лист холоднокатаный			0,5–3,9	315	430	20 <sup>1</sup>	—	—	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	—		
<sup>1</sup> δ <sub>4</sub> .													
<b>Назначение.</b> Для крупных листовых конструкций, работающих до температуры минус 70°С.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Состояние стали			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С		Сечение, мм	Состояние поставки					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				– 40	– 70							
295	—	При σ <sub>0,2</sub> = 340 Н/мм <sup>2</sup> – образцы гладкие			34	34	От 5 до 10	Сортовой прокат					
					29	29	От 10 до 20						
					29	—	Свыше 20 до 32						
125	—	При σ <sub>0,2</sub> = 340 Н/мм <sup>2</sup> – 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 <sub>v</sub> = 1,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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												
<b>Назначение.</b> Валы-шестерни, коленчатые и карданные валы, полуоси, шатуны шестерни, болты и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка							
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	- 20	- 40	- 60		- 80						
358	—	Закалка 880°С в масле, отпуск при 600°С; σ <sub>в</sub> = 850 Н/мм <sup>2</sup> .	—	—	49-69	39-59	24-59	—	Закалка 880°С, масло. Отпуск 540°С.						
372	—	Закалка 880°С, масло, отпуск 650°С; σ <sub>в</sub> = 710 Н/мм <sup>2</sup> .													
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 <sub>в</sub> = 580 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>			
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда													
ГОСТ 4543–71	В отожженном состоянии			Свыше 5 до 250	Не определяются					—	≤ 217					
	Закалка	845–875	Масло	До 80	380	660	12	40	—	—	—					
				Свыше 80 до 150	380	660	10	35	—	—	—					
				Свыше 150 до 250	380	660	9	30	—	—	—					
ДЦ	Нормализация	870–925	Воздух	38	930	1100	10	40	—	—	331					
												Закалка	800–830	Масло		
															Отпуск	425
Назначение. Оси, коленчатые и карданные валы, поршневые штоки, рычаги, полуоси.																
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Механические свойства в зависимости от сечения													
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		Сечение, мм	Место вырезки образца	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	Термообработка					
196	—	Закалка с 850°С в масле, отпуск при 620°С; σ <sub>в</sub> = 720 Н/мм <sup>2</sup> .	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						Свыше 60		Замедленное							
Заготовка																
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 <sub>в</sub> = 660 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>r</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>r</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	До 60	700	850	13	45	45	—	—				
	Отпуск	550–600	Масло									Не определяются			
Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и отпуск при 180–200°С											48–52	269–321			
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка						
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80							
610	—	Закалка с 810°С в масле, отпуск при 450°С, σ <sub>b</sub> = 1220 Н/мм <sup>2</sup> .	—	—	60	—	—	—	После нормализации.						
310–400	—	Нормализация с 850°С.	186	—	176	157	—	—	Слиток. Закалка с отпуском. 228–235 HB.						
			24	—	29	24	—	—	Образец продольный.						
									Образец поперечный.						
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						Флокочувствительность						
Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка.			После нормализации при ≤ 229 HB и σ <sub>b</sub> = 700 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,80 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—		
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 40	– 50					
340	—	Закалка с 840°С в масле, отпуск при 600°С; σ <sub>B</sub> = 680 Н/мм <sup>2</sup> .		—	—	64	48	40	Закалка с 840°С, отпуск при 560–580°С; σ <sub>B</sub> = 820 Н/мм <sup>2</sup> .				
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 HB и σ <sub>B</sub> = 700 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,55 (быстрорежущая сталь)				Мало чувствительна					
								Склонность к отпускной хрупкости					
								Склонна					

Марка стали		Вид поставки									Температура критических точек, °C			
09Г2С		Лист — ГОСТ 5520–79, ГОСТ 19281–89, ТУ 14–1–5034–91, ТУ 302.02.009–89. Сортовой, фасонный и полосовой прокат — ГОСТ 19281–89. Гнутые профили — ГОСТ 19281–89, ТУ 14–1–5035–91. Трубы — ТУ 14–3–1128–82.									НД			
Массовая доля элементов, %										НД				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	N	As	Cu	Температура критических точек, °C				
≤ 0,12	0,50–0,80	1,30–1,70	≤ 0,040	≤ 0,035	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,008	≤ 0,08	≤ 0,30	ГОСТ 5520–79 <sup>1</sup>	725	860	625	780
≤ 0,12	0,50–0,80	1,30–1,70	≤ 0,040	≤ 0,035	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,012	≤ 0,08	≤ 0,30	ГОСТ 19281–89				
≤ 0,12	0,50–0,80	1,30–1,70	≤ 0,030	≤ 0,035	≤ 0,30	≤ 0,30	—	≤ 0,08	≤ 0,30	ТУ 302.02.009–89				
<sup>1</sup> По требованию потребителя массовая доля S не должна превышать 0,025, 0,030 или 0,035%; P — 0,03 или 0,035%; суммарная доля Cr, Ni и Cu — не более 0,60% (остаток). Допускается добавка Al и Ti из расчета получения в прокате массовой доли Al не более 0,05%, Ti — не более 0,03%. Массовая доля As — не более 0,08%. При выплавке стали из керченских руд допускается массовая доля As до 0,15%, при этом массовая доля P — не более 0,030%. При выплавке в электрических печах доля остаточного азота должна быть не более 0,012%.														

Механические свойства													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	KCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
ГОСТ 5520–79	В горячекатаном или термически обработанном состоянии	До 5	20	345	490	21	—	—	39	—	d=2a		
			0	—	—	—	—	29	—	—			
		От 5 до 10	20	345	490	21	—	64	39	29	d=2a		
			0	—	—	—	—	—	29	—	—		
			–40	—	—	—	—	39	—	—	—		
		От 10 до 20	–70	—	—	—	—	34	—	—	—		
			20	325	470	21	—	59	39	29	d=2a		
			0	—	—	—	—	—	29	—	—		
		Свыше 20 до 32	–40	—	—	—	—	34	—	—	—		
			–70	—	—	—	—	29	—	—	—		
			20	305	460	21	—	59	39	29	d=2a		
		Свыше 32 до 60	0	—	—	—	—	—	29	—	—		
			–40	—	—	—	—	34	—	—	—		
			–70	—	—	—	—	29	—	—	—		
		Свыше 60 до 80	20	285	450	21	—	59	39	29	d=2a		
			0	—	—	—	—	—	29	—	—		
			–40	—	—	—	—	34	—	—	—		
		Свыше 80 до 160	–70	—	—	—	—	29	—	—	—		
			20	275	440	21	—	59	39	29	d=2a		
			0	—	—	—	—	—	29	—	—		
Свыше 160	–40	—	—	—	—	34	—	—	—				
	–70	—	—	—	—	29	—	—	—				
	20	265	430	21	—	59	—	29	d=2a				
	–40	—	—	—	—	34	—	—	—				
	–70	—	—	—	—	29	—	—	—				
	250	225	—	—	—	—	—	—	—				
	300	196	—	—	—	—	—	—	—				
	350	176	—	—	—	—	—	—	—				
400	157	—	—	—	—	—	—	—					

Испытания на изгиб выполняются для листов начиная с толщины 4 мм.

Результаты испытаний на ударную вязкость KCV при минус 20°C и минус 40°C заносят в документ о качестве.

При испытании механических свойств листов толщиной 25 мм и более дополнительно контролируют относительное сужение поперечного сечения.

По требованию потребителя σ<sub>B</sub> листов не должно превышать 640 Н/мм<sup>2</sup>.

Независимо от способа выплавки и категории лист с массовой долей азота более 0,008% должен выдерживать испытания на механическое старение.

Толщина листов должна соответствовать 4–160 мм.

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 категория 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  $\delta$  на 1 абс. % на 1 мм уменьшения толщины, для проката толщиной более 20 мм — снижение  $\delta$  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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	KCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	КCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб
	Операция	t, °С	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	$\delta_p$ 12	$\psi_p$ 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	$\delta_p$ 12	$\psi_p$ 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	$\delta_p$ 12	$\psi_p$ 55	$T_k \leq 10^\circ\text{C}$	60	29	d=2a
					-40	—	—	—	—	29	—	—	—
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	Изгиб
	Операция	t, °С	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><b>Назначение.</b> 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/мм<sup>2</sup>.</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 <sup>2</sup> [1]		Термообработка		НД	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка		
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$				+ 20	0	- 20	- 30	- 40	- 50	- 70		
235	—	Нормализация 930–950°C, $\sigma_b = 475$ Н/мм <sup>2</sup>		[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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч											
		1·10 <sup>4</sup>						1·10 <sup>5</sup>					
[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 <sup>2</sup> $K_v = 1,6$ (твердый сплав), $K_v = 1,0$ (быстрорежущая сталь)					Не чувствительна						
							Склонность к отпускной хрупкости						
							Не склонна						

Марка стали		Вид поставки									Температура критических точек, °С						
10Г2С1		Лист — ГОСТ 5520–79, ГОСТ 19281–89, ТУ 14–1–5241–93. Сортовой и фасонный прокат, гнутые профили, полоса — ГОСТ 19281–89.									НД		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
Массовая доля элементов, %										ГОСТ 5520–79			710	830	—	—	365
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	N	As	Cu	ГОСТ 19281–89	<sup>1</sup> Температура нагрева 930°С.						
≤ 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	<sup>1</sup> Температура нагрева 930°С.						
Механические свойства																	
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда														
ГОСТ 5520–79	В горячекатаном состоянии			До 5	20	355	490	21	—	—	—	—	—				
					20	345	490	21	—	64	—	29	—				
				От 5 до 10	–40	—	—	—	—	39	—	—	—				
					–70	—	—	—	—	29	—	—	—				
	В термически обработанном состоянии			От 10 до 20	20	335	480	21	—	59	—	29	—				
					–40	—	—	—	—	29	—	—	—				
					–70	—	—	—	—	24	—	—	—				
							Свыше 20 до 32	20	325	470	21	—	59	—	29	—	
								–40	—	—	—	—	29	—	—	—	
				–70	—	—	—	—	24	—	—	—					
				Свыше 32 до 60	20	325	450	21	—	59	—	29	—				
					–40	—	—	—	—	29	—	—	—				
	–70	—	—	—	—	24	—	—	—								
				Свыше 60 до 80	20	295	430	21	—	59	—	29	—				
					–40	—	—	—	—	29	—	—	—				
	–70	—	—	—	—	24	—	—	—								
			Свыше 80 до 100	20	295	430	21	—	59	—	29	—					
				–40	—	—	—	—	29	—	—	—					
–70	—	—	—	—	24	—	—	—									
			От 4 до 160	20	—	—	—	—	—	—	—	—	d=2a				
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				
							От 5 до 10	–40	—	—	—	—	39	—	—	—	
								–70	—	—	—	—	29	—	—	—	
							От 10 до 20	20	325	450	21	—	59	—	29	d=2a	
								–40	—	—	—	—	34	—	—	—	
	–70	—	—	—	—	29	—	—	—								
				От 20 до 60	20	315	450	21	—	59	—	29	d=2a				
					–40	—	—	—	—	29	—	—	—				
	–70	—	—	—	—	24	—	—	—								
				Свыше 60 до 100	20	295	430	21	—	59	—	29	d=2a				
					–40	—	—	—	—	29	—	—	—				
	–70	—	—	—	—	24	—	—	—								
	Гнутые профили в горячекатаном или термически обработанном состоянии			До 5	355	490	21	—	—	—	—	—	—	—			
					От 5 до 10	345	490	21	—	—	—	—	—	—	—		
							От 10 до 20	325	450	21	—	—	—	—	—	d=2a	
От 20 до 60								315	450	21	—	—	—	—	—	—	d=2a
			Свыше 60 до 100	295	430	21	—	—	—	—	—	—	d=2a				

10Г2С1		Механические свойства											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСV, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
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 КСV) 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 <sup>2</sup> [1]		Состояние стали	НД	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С								Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+20	–20	–30	–40	–50	–60	–70	–75		–80
230	—	При $\sigma_b = 580$ Н/мм <sup>2</sup>	[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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	Угол загиба, град.
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
[5]	Нормализация	980	ПС	Лист <sup>1</sup>	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	—

<sup>1</sup> Состав стали: 0,10% С; 1,4% Мп; 0,9% Si.

Механические свойства при повышенных температурах (образцы поперечные)											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t <sub>исп.</sub> , °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup>, 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 <sup>2</sup> $K_v = 1,6$ (твердый сплав), $K_v = 1,0$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Не склонна

Марка стали		Вид поставки										
18Г2С		Сортовой прокат — ГОСТ 5781–82.										
Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5781–82								Температура критических точек, °С				
С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Температура нагрева 900°С.												

Механические свойства при комнатной температуре												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [1]		Сечение, мм	Термообработка	Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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	—	—	На воздухе		—	—	

Свариваемость	Обработываемость резанием	Флокеночувствительность
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ	В состоянии поставки при σ <sub>в</sub> = 490 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,55 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,2 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Температура нагрева 920°С.												
Механические свойства при комнатной температуре												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	Вода	15	850	1000	12	45	69	—	—	
	Отпуск	400-440	Вода									
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	c=3d <sup>2</sup>	
	Отпуск	550-600										
<sup>2</sup> d — диаметр стержня.												
<b>Назначение.</b> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>отп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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				
	1200-850		Размер сечения, мм		Условия охлаждения			Размер сечения, мм		Условия охлаждения		
Слиток			ПС					—				
Заготовка												
Свариваемость			Обрабатываемость резанием					Флокочувствительность				
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. Рекомендуются последующая термообработка			В состоянии поставки при и σ <sub>b</sub> = 590 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,55 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,2 (быстрорежущая сталь)					Не чувствительна				
								Склонность к отпускной хрупкости				
								Склонна				

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>									
26Г2С		Сортовой прокат — НД заводов-изготовителей.									
<b>Массовая доля элементов, %</b>							<b>Температура критических точек, °С</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
							<sup>1</sup> Температура нагрева 920°С.				

**Механические свойства при комнатной температуре**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—				

<b>Свариваемость</b>	<b>Обрабатываемость резанием</b>	<b>Флокеночувствительность</b>
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. Рекомендуется последующая термообработка	Обработке резанием не подвергается	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—
<p><b>Назначение.</b> 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).</p>											
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+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 <sub>в</sub> = 740 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>ν</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	29	d=2a				
				11–32					34 <sup>2</sup>			39 <sup>1</sup>	29 <sup>2</sup>		
	Гнутые профили в горячекатаном или термически обработанном состоянии			До 32					—	—	—				
<sup>1</sup> КСУ при минус 40°С.															
<sup>2</sup> КСУ при минус 70°С.															
Требования к механическим свойствам и ударной вязкости (за исключением КСВ) листового проката установлены для поперечных образцов.															
<b>Назначение.</b> Листовой прокат для несущих элементов сварных конструкций, работающих в условиях переменных нагрузок при температуре до минус 60°С.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка				Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>					+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80				
—	—	—				—	—	—	—	—	—	—			
Коррозионная 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 <sub>b</sub> = 590 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб	НВ	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
ДЦ	Закалка	880–900	Вода	20	950	1050	12	—	79	d=a	—	
	Отпуск	350–450	Вода									
<p><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда													
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		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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	—			+ 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 <sub>в</sub> = 730 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,12 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,9 (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна									
							Склонность к отпускной хрупкости									
							Не склонна									

Марка стали		Вид поставки										
20X		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			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	N	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	≤ 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 <sup>1</sup>	—	≤ 590	≥ 5	≥ 45	—	—	≤ 207

<sup>1</sup> Со специальной отделкой поверхности от 5 до 30 мм.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее			
												$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %
[1]	Цементация <sup>1</sup>	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	Образцы	Не определяются				Поверхности 54–62	Сердцевины ≤ 250						
Цементация <sup>1</sup>	920–950	Воздух	Образцы	Не определяются				Поверхности 54–62	Сердцевины ≤ 250						
Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ	—	Эмульсия													
Отпуск	180–200	Воздух													

<sup>1</sup> Механические свойства сердцевины ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются.

**Назначение.** Втулки, шестерни, обоймы, поршневые пальцы, толкатели оси, направляющие планки, шпиндели, червяки, оправки, копиры, 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 допустимая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]		Термообработка	НД	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C					Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 20	0	– 20	– 40	– 60	
235	—	Нормализация. $\sigma_b = 450–590$ Н/мм <sup>2</sup>	[1]	226–241	241	175–232	172–212	152–165	Нормализация
295	—	Закалка и высокий отпуск. $\sigma_b = 690$ Н/мм <sup>2</sup>	[4]	280–286	—	280–289	277–287	261–274	Пруток. $\phi$ 115 мм. Закалка + отпуск
412	—	Цементация, закалка, низкий отпуск. $\sigma_b = 930$ Н/мм <sup>2</sup>							

20X											
Механические свойства при различных температурах											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч											
НД	t, °C	1/10 <sup>4</sup>									
[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				Флокеночувствительность				
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 <sup>2</sup> $K_v = 1,7$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее		
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КП	HB			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее		
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее		
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 <sup>1</sup>	—	+	—	+	—	—	—	≤ 187		
					—	+	—	—	—	—	—	—	≤ 187	
Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии			Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 <sup>1</sup>	—	+	+	+	—	—	—	—	≤ 207		
<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										не менее или в пределах				
ГОСТ 23304–78	Закалка	840–870	Масло	До 100	20	Болты, шпильки											
						392–539	441	15	40	59	187–217	395					
						Отпуск	500–650	Масло или вода	До 100	20	245	—	—	—	—	—	—
											20	588–735	735	14	45	59	235–285
	Закалка	840–870	Масло	До 100	20	Гайки, плоские подкладные шайбы											
						392–539	441	15	40	59	187–217	395					
						Отпуск	500–650	Масло или вода	До 100	20	245	—	—	—	—	—	
											350	441	—	—	—	—	—

Сталь ограниченного применения.

Примечания.

- Для крепежных деталей из стали с диаметром или стороной заготовки более 80 мм допускается снижение предела текучести на 20 Н/мм<sup>2</sup>.
- 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  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_b$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , 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, валы, шестерни, кольцевые рельсы, крепеж и др.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ–7–008–89).

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]			Состояние стали	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+20	0	–20	–40	–60	–70	
331	240	5·10 <sup>6</sup>	$\sigma_{0,2} = 450$ Н/мм <sup>2</sup> , $\sigma_b = 690$ Н/мм <sup>2</sup>	42	—	34	34	—	33	Закалка 860°C, масло, отпуск 200°C, масло
				150	—	118	100	—	72	
				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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{B_s}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{B_s}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{B_s}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{B_s}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{B_s}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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
	80	К	520	720	21	66	206	—								
									Ц	480	680				28	62
	120	К	520	720	21	65	206	—								
									Ц	420	680				28	60
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , 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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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										
Заготовка	1250–800	остальные		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 <sup>2</sup> $K_v = 1,0$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	+	—	+	—	—	≤ 197 ≤ 197			
	Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии			Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 <sup>1</sup>	—	690	5	40	—	—	+			
<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> .												
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 <sup>4</sup> /σ <sub>в</sub> (Н/мм <sup>2</sup> ), 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 <sup>2</sup> 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 <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °C	Условное давление P <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °C	Условное давление P <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>					
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, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
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		350	245	—	—	—	—	—	—
					20	588-735	735	14	45	59	235-285	590
	До 100	350	441	—	—	—	—	—	—	—		
		Гайки, плоские подкладные шайбы										
Закалка Отпуск	840-870 500-650	Масло Масло или вода	До 100	20 350	392-539	441	15	40	59	187-217	395	
					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 <sub>0,2</sub> , σ <sub>в</sub> , δ, ψ, КСУ 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 аустенизации 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[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																
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]			Состояние стали		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1, 6]						Термообработка					
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N			+ 20	0	- 25	- 40	- 60	- 70						
362	240	10 <sup>6</sup>	При $\sigma_b = 690$ Н/мм <sup>2</sup>		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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч																
НД	t, °C	1/10 <sup>4</sup>														
[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. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка			В состоянии закалки и отпуска при 163 НВ, $\sigma_b = 620$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 1,0$ (твердый сплав), $K_v = 0,95$ (быстрорежущая сталь)				Мало чувствительна									
							Склонность к отпускной хрупкости									
							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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
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 <sup>2</sup> [1, 4]		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+20	0	–20	–40	–60	–80	
333	—	Закалка, отпуск. $\sigma_b = 690$ Н/мм <sup>2</sup>							
372	—	$\sigma_b = 870$ Н/мм <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—
392	—	$\sigma_b = 980$ Н/мм <sup>2</sup> , $\sigma_{0,2} = 830$ Н/мм <sup>2</sup> , 241 НВ							

## Механические свойства в зависимости от температуры испытания

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t <sub>исп.</sub> , °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ																		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда																										
[4]	Закалка	850	Масло	Пруток	20	790	940	13	55	83	285–302																		
												Отпуск	550	Масло или вода	∅ 28–55	300	680	880	17	58	—	—							
																							400	610	690	18	68	98	—
	Закалка	830	Масло	Пруток	20	570	700	26	60	216	207–217																		
												Отпуск	680	Масло или вода	∅ 28–55	400	430	590	19	71	211	—							
																							500	360	420	24	79	132	—
	Закалка	860	Масло	Пруток	–20	900	1040	18	58	—	—																		
												Отпуск	550	Масло или вода	∅ 25	–40	930	1100	18	55	78	—							
																							–70	1000	1120	18	55	59	—

38ХА											
Механические свойства в зависимости от температуры отпуска											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
[4]	Закалка	850	Вода	Образцы							
	Отпуск	400			1220	1310	7	38	54	380	
		500			930	1030	12	47	108	320	
		600			710	830	17	63	167	260	
Механические свойства в зависимости от сечения											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
[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 <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч											
НД	t, °С	1/10 <sup>3</sup>			1/10 <sup>4</sup>						
[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 <sup>2</sup> $K_v = 0,8$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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%.														
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	174–217	345		
	Закалка			ПС	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	174–217	345		
					100–300	345	590	17	40	54	187–229	395		
					300–500	345	590	14	38	49	197–235	440		
					До 100	395	615	17	45	59	212–248	490		
					100–300	395	615	15	40	54				
					300–500	395	615	13	35	49				
Отпуск			ПС	До 100	440	635	16	45	59					
				100–300	440	635	14	40	54					
				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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее		
ГОСТ 8733–74	В термически обработанном состоянии			ø 5–250 s 5–24	—	618	14	—	—	—	≤ 217			

40X		Механические свойства при комнатной температуре									
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	— —	+ +	— —	+ —	— —	— —	≤ 207 ≤ 207
	Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии			Круглый от 3 до 42 Шестигранный от 7 до 40 <sup>1</sup>	—	690	5	40	—	—	+

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	КП
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 20700–75	Категория IV. Легированные стали			До 100	не менее или в пределах						
	Закалка	840–870	Масло		Болты, шпильки, пробки и хомуты						
	Отпуск	500–620	Вода или масло	Свыше 100 до 300	588–735	735	14	45	59	235–285	590
				До 300	Гайки						

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<sup>2</sup>.
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/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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 <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °C	Условное давление P <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °C	Условное давление P <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>
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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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
	588–735					735	14	45	59				
	441		—	—	—	—	—	—					
	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  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_b$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , 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 <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]				Термообработка
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	– 25	– 40	– 70	
[1]	380	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>1</sup>	—	10 <sup>7</sup>						
[4]	—	170	—	Нормализация с 860°C	93	84	—	55	Закалка с 860°C в масле, отпуск при 580°C
	363	—	10 <sup>6</sup>	$\sigma_b = 690$ Н/мм <sup>2</sup>					
	470	—	10 <sup>6</sup>	$\sigma_b = 940$ Н/мм <sup>2</sup>					
	509	—	—	$\sigma_b = 960$ Н/мм <sup>2</sup> ; $\sigma_{0,2} = 870$ Н/мм <sup>2</sup>					
	333	240	5·10 <sup>6</sup>	$\sigma_b = 690$ Н/мм <sup>2</sup>					
372	—	—	Закалка с 860°C в масле, отпуск при 550°C						

<sup>1</sup> Образец с надрезом.

40X			Тип образца	Способ нагружения	Термообработка
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>					
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N			
276	—	10 <sup>7</sup>	Гладкий	Изгиб	Отжиг. $\sigma_b = 680$ Н/мм <sup>2</sup>
95	—	10 <sup>7</sup>	С надрезом, R <sub>n</sub> =0,2 мм		
465	—	10 <sup>7</sup>	Гладкий	Изгиб	Закалка и отпуск. $\sigma_b = 790$ Н/мм <sup>2</sup>
170	—	10 <sup>7</sup>	С надрезом, R <sub>n</sub> =0,2 мм		
455	—	10 <sup>5</sup>	Гладкий	Изгиб	Закалка и отпуск. $\sigma_b = 700$ Н/мм <sup>2</sup>
370	—	10 <sup>6</sup>			
340	—	5·10 <sup>6</sup>			
245	—	5·10 <sup>6</sup>	Гладкий	Кручение	Закалка и отпуск. $\sigma_b = 700$ Н/мм <sup>2</sup>
480	—	10 <sup>6</sup>	Гладкий	Растяжение	Нормализация, закалка и отпуск. $\sigma_b = 960$ Н/мм <sup>2</sup>

**Механические свойства в зависимости от температуры испытания**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , 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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_t$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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: ответственного назначения		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 <sup>2</sup> $K_v = 1,20$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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					
					Отпуск	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						
					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								
					100–300	540	685	13	40	49	223–262	540					
					До 100	590	735	14	45	59			235–277	590			
До 100	640	785	13	42	59	248–293	640										
Поковки в зависимости от назначения разделяются на группы.																	
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—			—	—	—		
							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 <sub>0,2</sub> , σ <sub>b</sub> , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]				Термообработка
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	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 <sup>2</sup> ; $\sigma_{0,2} = 830$ Н/мм <sup>2</sup> ; 285 НВ					
	380	—	—	$\sigma_B = 780$ Н/мм <sup>2</sup> ; $\sigma_{0,2} = 550$ Н/мм <sup>2</sup> ; 217 НВ					
	774	—	10 <sup>6</sup>	$\sigma_B = 1590$ Н/мм <sup>2</sup>					
	588	—	5·10 <sup>6</sup>	$\sigma_B = 1150$ Н/мм <sup>2</sup>					

#### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	

#### Пределы ползучести

НД	t, °C	Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , 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			валки горячей прокатки	Нормализация, два переохлаждения, отпуск
		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 <sup>2</sup> $K_v = 1,2$ (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, °C			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	N	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °C	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°C											Не определяются	
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 30	– 40	– 50				
710	—	Закалка с 830°C в масле, отпуск при 180–200°C, σ <sub>b</sub> = 1580 Н/мм <sup>2</sup> .		—	—	—	—	—	—	—			
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		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 <sub>b</sub> = 650 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,85 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—			
<b>Назначение.</b> Детали сварно-кованых конструкций, а также для биметаллических лопастей гидротурбин и др.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]			Среда	Направление вырезки образцов	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]					Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N			+ 20	- 10	- 20	- 40	- 60		- 80				
445	—	10 <sup>7</sup>	Воздух	Продольное	244–266	162–212	106–131	50–79	—	—	Лист. Состояние поставки				
305	—	10 <sup>7</sup>	Вода												
180 <sup>1</sup>	—	10 <sup>7</sup>	Воздух	Поперечное	230–288	166–212	73–132	51–64	—	—					
156 <sup>1</sup>	—	10 <sup>7</sup>	Вода												
<sup>1</sup> 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 <sub>b</sub> = 720 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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										
<b>Назначение.</b> 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 <sub>B</sub> = 550 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,2 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,85 (быстрорежущая сталь)					Не чувствительна					
								Склонность к отпускной хрупкости					
								Не склонна					

Марка стали		Вид поставки												
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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	КCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	Изгиб		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда												
ОСТ 108.030.118–78	В состоянии поставки			115	20	—	—	—	—	—	—	≤217	—		
	Нормализация	930±10	Воздух			—	323–510	500	20	50	78	39	—	—	d=2a
						—	—	—	—	—	39	—	—	—	—
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/см<sup>2</sup>. При этом среднее арифметическое из трех образцов должно быть не менее 39 Дж/см<sup>2</sup>.

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/мм<sup>2</sup>, 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	$\sigma_{\max}$ , Н/мм <sup>2</sup>	K <sub>c</sub> , МПа·м <sup>1/2</sup>	KCT, Дж/см <sup>2</sup>	T <sub>к</sub> , °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<sub>к</sub> 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 <sup>2</sup> [5]			Термообработка	НД	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C					Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N			+ 20	0	– 20	– 40	– 60	
215	—	10 <sup>6</sup>	Отпуск 650°C	[5]	210–250	—	—	—	—	Закалка с 950°C в масле, отпуск при 650°C в масле
205	—	10 <sup>6</sup>			Нормализация 930°C	210–250	—	—	—	
225	—	10 <sup>6</sup>	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						
t, °C	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [5]			Тип образца	Сортамент	Термообработка
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N			
20	365	—	10 <sup>6</sup>	Гладкий ø 80 мм	Лист толщиной 52 мм; симметричный изгиб $\sigma_b = 569$ Н/мм <sup>2</sup>	Нормализация 920–930°C, отпуск 675–680°C
100	325	—	10 <sup>6</sup>			
200	315	—	10 <sup>6</sup>			
300	345	—	10 <sup>6</sup>			
400	365	—	10 <sup>6</sup>			
500	295	—	10 <sup>6</sup>			
600	265	—	10 <sup>6</sup>			
20	165	—	10 <sup>6</sup>	С надрезом, R <sub>n</sub> =0,5 мм, глубина 1 мм		
100	—	—	10 <sup>6</sup>			
200	165	—	10 <sup>6</sup>			
300	185	—	10 <sup>6</sup>			
400	175	—	10 <sup>6</sup>			
500	195	—	10 <sup>6</sup>			
600	—	—	10 <sup>6</sup>			

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
[5]	Нормализация	930	Скорость 50°C/ч	Лист 100	– 60	не менее или в пределах	не менее или в пределах	не менее или в пределах	не менее или в пределах	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
[5]	Нормализация	880–900	Воздух	Лист	20	не менее	не менее	не менее	не менее	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, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , ч						
[5]	Аустенитизация	900–930	Скорость 80–100°C/ч	Лист	Исходное состояние		710	800	18	64	140	—
	Отпуск	600, 5 ч	Скорость 50°C/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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , ч						
[5]	Аустенитизация	900	Скорость 240°C/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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , ч						
[5]	Аустенитизация	930, 2 ч	Скорость 100°C/ч	Лист	Исходное состояние		—	—	—	—	143–169	—
	Отпуск	600, 5 ч	Скорость 50°C/ч		Наклеп 10%		—	—	—	—	102–107	—
					Наклеп 10% + нагрев 250°C, 2 ч		—	—	—	—	88–89	—
					Наклеп 10% + нагрев 400°C, 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, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч								
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>		1/10 <sup>5</sup>						
[5]	400	—	—	—		250						
	450	—	150	310		230						
	500	140	100	180		120						
Релаксационная стойкость												
НД	t, °C	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	время $\tau$ , ч, при релаксационной стойкости $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup>		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, °C	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 <sup>2</sup> $K_v = 1,45$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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	Продольные образцы										
					572	752	25,6	66,5	179	—	245				
	Отпуск	650, 8 ч	Воздух	Поковка ø 500 периферия	Продольные образцы										
					642	780	22,0	74,6	226	—	235				
	Отпуск	650, 8 ч	Воздух	Поковка ø 500 периферия	Продольные образцы										
					667	784	24,0	75,6	231	—	235				
	Отпуск	650, 8 ч	Воздух	Поковка ø 500 периферия	Поперечные образцы										
					654	767	22,0	67,5	180	—	230				
	Отпуск	650, 8 ч	Воздух	Поковка ø 500 периферия	Продольные образцы										
					662	784	22,0	70,0	205	—	230				
	Отпуск	650, 8 ч	Воздух	Поковка ø 350 центр	Продольные образцы										
					542	745	26,8	71,3	230	—	229				
	Отпуск	650, 8 ч	Воздух	Поковка ø 350 центр	Продольные образцы										
					543	765	28,2	72,2	260	—	229				
Отпуск	650, 8 ч	Воздух	Поковка ø 350 центр	Поперечные образцы											
				525	765	22,8	52,7	109	—	229					
Отпуск	650, 8 ч	Воздух	Поковка ø 350 центр	Продольные образцы											
				528	771	23,6	56,3	116	—	229					
Отпуск	650, 8 ч	Воздух	Поковка ø 200 центр	Продольные образцы											
				543	750	24,8	70,5	265	—	218					
Отпуск	650, 8 ч	Воздух	Поковка ø 200 центр	Продольные образцы											
				545	755	26,5	71,5	273	—	218					
Отпуск	650, 8 ч	Воздух	Поковка ø 200 центр	Поперечные образцы											
				515	765	23,5	60,5	145	—	218					
Отпуск	650, 8 ч	Воздух	Поковка ø 200 центр	Поперечные образцы											
				530	770	23,5	62,5	150	—	218					

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]			Среда	Ударная вязкость, КСV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Диаметр поковки, мм	Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	- 10	- 20	- 40	- 60	- 80		
410	—	10 <sup>7</sup>	Воздух.	320	270	185	185	122	—	350 <sup>2</sup>	Нормализация 920–940°C, воздух, отпуск 630–650°C, воздух
280	—	10 <sup>7</sup>	Вода.	200	120	95	72	48	—	350 <sup>3</sup>	
265 <sup>1</sup>	—	10 <sup>7</sup>	Воздух.	326	254	—	145	—	—	500 <sup>2</sup>	<sup>2</sup> Продольные образцы.
<sup>1</sup> Надрезанные образцы.				185	85	—	70	—	—	500 <sup>3</sup>	<sup>3</sup> Поперечные образцы.
<b>Технологические характеристики [1, 75]</b>											
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										
<b>Свариваемость</b>			<b>Обрабатываемость резанием</b>						<b>Флокеночувствительность</b>		
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 <sup>2</sup> $K_v = 0,7$ (твердый сплав), $K_v = 0,4$ (быстрорежущая сталь)						Не чувствительна		
									<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>		
									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 <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Ac <sub>3</sub> <sup>1</sup>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
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	—	—		
												<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	—	—					
					– 50	—	—	—	—	39 <sup>3</sup>	—	—					
<sup>2</sup> KCV при пределе текучести до 304 Н/мм <sup>2</sup> включительно (20°С).																	
<sup>3</sup> KCV при пределе текучести свыше 304 Н/мм <sup>2</sup> (20°С).																	
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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											
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> , при t, °C [1]						T <sub>к</sub> , °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											
<b>Технологические характеристики [1]</b>											
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	—										
<b>Свариваемость</b>			<b>Обрабатываемость резанием</b>					<b>Флокеночувствительность</b>			
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			
								<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>			
								Мало склонна			

<b>Марка стали</b> 10ГН2МФА, 10ГН2МФА-ВД, 10ГН2МФА-Ш		<b>Вид поставки</b> 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).														
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 0893-014-00212179-2004</b>												<b>Температура критических точек, °С</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Al	Ti	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	T <sub>к</sub> , °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									
	Поковки из стали 10ГН2МФА-ВД, 10ГН2МФА-Ш			300	345	539	18	60	60	≤ -10	—	
Закалка	890-960	Вода										
Отпуск	630-680	Воздух										

<b>Трубы бесшовные лакированные</b>												
<b>Химический состав основного металла готовых труб</b>												
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.1197-83</b>											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	

<b>Механические свойства основного металла труб</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	T <sub>к</sub> , °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 <sup>1</sup> 49 <sup>2</sup>	—	—
				1130×990×70 ℓ 8400	20	—	—	—	—	59 <sup>1</sup> 74 <sup>2</sup>	—	—

<sup>1</sup> Значение KCV при  $\sigma_{0,2} = 343-402$  Н/мм<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Значение KCV при  $\sigma_{0,2} = 402-490$  Н/мм<sup>2</sup>.

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.

<b>Трубы бесшовные лакированные</b>												
<b>Химический состав лакирующего слоя</b>												
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.1197-83</b>											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	04Х20Н10Г2Б	

10ГН2МФА, 10ГН2МФА-ВД, 10ГН2МФА-Ш												
Механические свойства металла плакирующего слоя (наплавленного металла)												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	T <sub>к</sub> , °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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	
	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			ø <sub>н</sub> 990 ø <sub>вн</sub> 850 толщина стенки 70	h = 1 <sup>1</sup>	20	430	575	28,0	69	
						350	400	500	21,0	64	
					h = 2 <sup>1</sup>	20	440	580	26,5	72	
						350	390	525	21,5	71	
					h = 3 <sup>1</sup>	20	435	595	28,5	72	
						350	385	525	20,5	71	
					d = 4 <sup>2</sup>	20	440	590	28,0	77	
						350	—	—	—	—	
					ПНАЭГ-7-002-86 <sup>3</sup>	20	350	550	16	55	
						350	300	500	14	50	
					ТУ 975Е004511 ред. 5 <sup>3</sup>	20	350-500	550-650	≥ 16	≥ 55	
						350	≥ 300	≥ 500	≥ 14	≥ 55	
					Δ, % <sup>4</sup>	20	2	2,5	6	10	
						350	2	5	7,5	10	

<sup>1</sup> Приведены средние значения характеристик по результатам испытаний 3 образцов.

<sup>2</sup> Приведены средние значения характеристик по результатам испытаний 15 образцов.

<sup>3</sup> Данные научно-технической документации.

<sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>
		L	B	H	H <sub>2</sub>	
[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<sub>н</sub> = 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	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta$	$\psi$
[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/см<sup>2</sup>, стали 10ГН2МФА после 100000 ч эксплуатации

НД	Тип образца	Изделие, из которого вырезаны образцы			
		Исходная катушка ГЦТ <sup>1</sup>	ГЦТ блока № 1 ЮУ АЭС <sup>2</sup> (после эксплуатации)	ГЦТ блока № 2 ЮУ АЭС <sup>3</sup> (после эксплуатации)	ГЦТ блока № 1 ЗАЭС <sup>4</sup> (после эксплуатации)
[26]	П1 (В = 10 мм)	271	216	242 <sup>5</sup>	251 <sup>5</sup>
	И3 (В = 5 мм)	232	—	—	—
	И4 (В = 2 мм)	12	96	108	11
	Микрообразец (В = 1 мм)	87	—	—	—

<sup>1</sup> По ТУ 975Е004511 (ред. 5) для образцов типа П1 KCV ≥ 48 Дж/см<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> По паспорту KCV = 210 Дж/см<sup>2</sup> (без изменения KCV).

<sup>3</sup> По паспорту KCV = 283 Дж/см<sup>2</sup> (снижение KCV на 14,5%).

<sup>4</sup> По паспорту KCV = 285 Дж/см<sup>2</sup> (снижение KCV на 11,9%).

<sup>5</sup> Результаты расчетов по корреляционным соотношениям, остальные значения экспериментальные.

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]		Термообработка	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]			Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		- 20	- 40	- 60	
338	—	Мягкое нагружение, изгиб с вращением, база 10 <sup>7</sup> 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	Обработываемость 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,4 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,9 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Не склонна

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
<b>20НЗДМА</b>		<b>Поковки — ТУ 5.961–11563–94.</b>											
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 5.961–11563–94</b>									<b>Температура критических точек, °С</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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									350	785	885	55	15	127	—	270–331
	Отпуск	580	Воздух									450	638	785	58	18	156	—	248–302
	Отпуск	620	Воздух									450	540	687	58	20	176	—	223–277
	Отпуск	640	Воздух									450	не менее						

**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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Термообработка	
			σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	+ 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 <sub>v</sub> = 0,98 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,65 (быстрорежущая сталь)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	σ <sub>ср</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	НВ			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее		
ТУ 14-1-920-74	Закалка в штампах	950–980		2–3,9	—	490	δ <sub>5</sub> 18	—	—				217–225	
	Отпуск	570–590	Воздух											
ТУ НЗЛ	Отжиг	820–840	С печью, в ящиках, на воздухе	4–10	372	588	24	60	—	≥ 441	≤ 217			
<b>Назначение.</b> Штампованные заготовки лопаток компрессорных машин и штампованные заклепки.														
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	
<p>1. Трубы должны выдерживать испытание гидравлическим давлением P, Н/мм<sup>2</sup>, величину которого вычисляют по формулам P = 2·s·R/D<sub>вн</sub>, P = 200·s·R/D<sub>вн</sub>, но не более 30 Н/мм<sup>2</sup>, где s — минимальная, с учетом минусового допуска, толщина стенки трубы, мм; D<sub>вн</sub> — внутренний диаметр трубы, мм; R — допускаемое напряжение, равное 40% σ<sub>в</sub>, Н/мм<sup>2</sup>.</p> <p>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.</p> <p>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<sub>н</sub>), где s — номинальная толщина стенки, мм; D<sub>н</sub> — номинальный наружный диаметр, мм; а — деформация на единицу длины, равная 0,08.</p> <p>4. По требованию потребителя трубы подвергаются дефектоскопии неразрушающими методами.</p>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , σ <sub>в</sub> , 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>				
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 <sub>т</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	t, °С	σ <sub>т</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	390	19	35	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			не менее						
[1, 2, 4]	Нормализация Отпуск	920 680–690	Воздух Воздух	Труба ø 273 толщина стенки 28	20 20 300 400 450 500 550 600	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	305	26	64	142	—	
Релаксационная стойкость												
НД	Режим термообработки			t, °C	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_t$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч									
			1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>	3·10 <sup>5</sup>						
[51]	Исходное состояние	510	160	110	96	90						
	После эксплуатации	510	110	100	96	90						
	Исходное состояние	535 (540 <sup>1</sup> )	110	75	70	66						
	После эксплуатации	535 (540 <sup>1</sup> )	78	62	—	—						
<sup>1</sup> Металл в исходном состоянии.												
Чувствительность к охрупчиванию при старении [1, 4]				Жаростойкость [1]								
Время, ч	t, °C	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>						
Общая [1]	Вода деминерализованная			300	1000	1–2						
Точечная [1]	Вода деминерализованная			300	1000	Подвержена						
Равномерная [2]	Перегретый пар C <sup>l</sup> — следы O <sub>2</sub> — 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб	НВ		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	—	225	216	206	196	186	—					
		265 <sup>1</sup>	255 <sup>1</sup>	245 <sup>1</sup>	225 <sup>1</sup>	206 <sup>1</sup>	—	162 <sup>1</sup>					
<sup>1</sup> Применяются в договорно-правовых отношениях.													
Пределы длительной прочности и ползучести стали при повышенных температурах													
НД	Режим термообработки			t, °С	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>				
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб	НВ		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_t$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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  $\leq 138$  НВ и  $\sigma_b = 470$  Н/мм<sup>2</sup>  
 $K_v = 1,6$  (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			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sup>1</sup>	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					
<sup>1</sup> Допустимые отклонения по С + 0,01% и – 0,02%.													
Для стали, изготовленной скрап-процессом или из медистых руд, допускается содержание Cu и Ni до 0,3% каждого.													

## Механические свойства при комнатной температуре

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  менее 600 Н/мм<sup>2</sup>,

150 Н/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  600–900 Н/мм<sup>2</sup>,

200 Н/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  более 900 Н/мм<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
ТУ 14–3Р–55–2001	Нормализация <sup>1</sup>	930–960	Воздух	$\phi$ 25–465 <sup>2</sup> 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			

15ХМ

Механические свойства

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> Трубы горячедеформированные (в том числе горячепрессованные из катаной и ковальной заготовки).

<sup>3</sup> 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/см<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> , не менее	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч	
			1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП
	Операция	t, °C								
ТУ 108.17.	Поковки в отожженном состоянии		ø до 300	—	—	—	—	—	179	—
1050–	Нормализация	Воздух								
78	Отпуск	Воздух	Свыше 300 до 500	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 <sup>2</sup>	5	5
Временное сопротивление, Н/мм <sup>2</sup>	5	5
Относительное удлинение, %	25	30
Относительное сужение, %	20	25
Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [3]			Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С				Термообработка		
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N				+20	0	-20	-40	-60		
290	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>				
[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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup>	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			Обрабатываемость 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 <sup>2</sup> $K_v = 1,6$ (твердый сплав), $K_v = 1,4$ (быстрорежущая сталь)				Чувствительна					
							Склонность к отпускной хрупкости					
							Не склонна					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>										
<b>20XM</b>		<b>Сортовой прокат — ГОСТ 1051–73, ГОСТ 4543–71. Поковки трубных заготовок — ТУ 108.11.653–82.</b>										
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71</b>									<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	См. ниже	20	393	588	10	—	59	—	—
					325	294	490	—	—	—	—	—
	Отпуск	650±10	Вода		–40	—	—	—	29	—	—	

<sup>1</sup> Допускается охлаждение после закалки производить в масле.

Сечения к ТУ 108.11.653–82

$\phi_n$  540 мм,  $\phi_{вн}$  100 мм, L = 1540 мм

$\phi_n$  600 мм,  $\phi_{вн}$  100 мм, L = 1540 мм

$\phi_n$  630 мм,  $\phi_{вн}$  100 мм, L = 1550 мм

$\phi_n$  650 мм,  $\phi_{вн}$  100 мм, L = 1500 мм

$\phi_n$  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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч				
					1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>			
				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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>	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 $\geq 179$ НВ и $\sigma_b = 470$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,9$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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				

1. В соответствии с заказом в стали массовая доля Si 0,10–0,37%.

2. Для стали, выплавленной в основных мартеновских печах и в печах с кислой футеровкой, допускается массовая доля P до 0,030%.

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%.

### Механические свойства при комнатной температуре

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	Марка стали	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
ГОСТ 4543–71	Отжиг	830–850	С печью	Свыше 5	не менее						≤ 229	
					Не определяются							
	Закалка Отпуск	880	Масло	До 80	735	930	11	45	78	—	30ХМ	
							12	50	88		30ХМА	
				Свыше 80 до 150	735	930	9	40	70	—	30ХМ	
							10	45	79		30ХМА	
	Свыше 150	735	930				8	35	66	—	30ХМ	
							9	40	75		30ХМА	
ГОСТ 8479–70	Закалка Отпуск	ПС		До 100	395	615	17	45	59	187–229	30ХМА	
				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	

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<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  менее 600 Н/мм<sup>2</sup>,

150 Н/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  600–900 Н/мм<sup>2</sup>,

200 Н/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_b$  более 900 Н/мм<sup>2</sup>.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	+	—	+	—	—	≤ 229 ≤ 229
	Прокат калиброванный и калиброванный со специальной отделкой поверхности в нагартованном состоянии			Круглый от 3 до 42 Шести-гранный от 7 до 40 <sup>1</sup>	—	+	—	+	—	—	+

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 20700-75	Категория IV. Легированные стали			До 100	Болты, шпильки, пробки и хомуты						
	Закалка	870-890	Вода или масло		637-784	784	13	42	59	229-277	640
	Отпуск	540-620		Свыше 100 до 300	637-784	784	12	38	49	229-277	640
				До 250	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/мм<sup>2</sup>.
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 <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °C	Условное давление P <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °C	Условное давление P <sub>y</sub> , Н/мм <sup>2</sup>
30ХМА	ГОСТ 4543-71	До 450	Не ограничено	До 510	Не ограничено	—	—

Контроль макроструктуры следует проводить на двух темплатах от партии.

#### Пределы длительной прочности и ползучести

НД	Режим термообработки			t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП			
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										не менее или в пределах		
ГОСТ 23304-78	Закалка Отпуск	870–890	Вода или масло	До 300	Болты, шпильки								197–241	490	
					20	490–686	588	15	40	59	197–229	490			
					20	490–637	588	15	40	59	—	—			
		350			343	—	—	—	—	—	—				
		До 100			20	637–813	784	13	42	59	229–285	640			
		До 300			20	637–784	784	12	38	49	229–277	640			
	Закалка Отпуск	870–890	540–680	Вода или масло	До 100	Гайки, плоские подкладные шайбы								187–241	440
						20	441–637	490	15	40	59	187–217	440		
						20	441–588	490	15	40	59	—	—		
						350	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  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_b$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , 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 <sup>2</sup> [1]			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+20	0	-20	-40	-60	-80	
402	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>2</sup> [5]			Тип образца	Термообработка
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		
20	415	—	10 <sup>7</sup>	Гладкий	Закалка с 870°C в воде, отпуск при 600°C $\sigma_b = 836$ Н/мм <sup>2</sup>
200	375	—	10 <sup>7</sup>		
300	402	—	10 <sup>7</sup>		
400	372	—	10 <sup>7</sup>		
500	282	—	10 <sup>7</sup>		
600	172	—	10 <sup>7</sup>		
20	255	—	10 <sup>7</sup>	С надрезом	Закалка с 870°C в воде, отпуск при 600°C $\sigma_b = 836$ Н/мм <sup>2</sup>
200	215	—	10 <sup>7</sup>		
300	185	—	10 <sup>7</sup>		
400	187	—	10 <sup>7</sup>		
500	145	—	10 <sup>7</sup>		
600	115	—	10 <sup>7</sup>		
650	9	—	10 <sup>7</sup>		

30XM, 30XMA		Механические свойства при комнатной температуре поковок различного сечения								
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	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 <sup>1</sup>
	Закалка	870–890	Масло или теплая вода							
Отпуск <sup>2</sup>	540–600	Масло или вода							229 <sup>3</sup>	

<sup>1</sup> Для шпилек.

<sup>2</sup> Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для шпилек примерно на 15–30°С.

<sup>3</sup> Для гаек.

Механические свойства относятся к заготовке диаметром ≤ 80 мм. Для заготовок диаметром 81–150 мм допускается снижение  $\delta$ ,  $\psi$  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, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	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, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ				
	Операция	t, °С	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда							
[4]	Закалка Отпуск	880	Масло Воздух Воздух Воздух	Образцы						
		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 <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НRC				
	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , ч							не менее			
[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	73,0	265	—	
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч							не менее			
[5]	Закалка	870–880	Масло	Образцы	Исходное состояние			600	745	19,5	70	173	—				
					Отпуск	650	Воздух	430	200	2200	595	750	19,8	68	—	—	
								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, °С	σ <sub>0</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение σ <sub>r</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , за время τ, ч							НВ
	Операция	t, °С	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, °С	Длительность, ч	Глубина коррозии, мм/год
Общая	Увлажненный пар (14% Н <sub>2</sub> 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, °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 свариваемые. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка		После закалки и отпуска при 229–269 НВ и σ <sub>в</sub> = 930 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,3 (быстрорежущая сталь)		Мало чувствительна	
				Склонность к отпускной хрупкости	
				Не склонна	

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>										
<b>32ХМ1А</b>		<b>Поковки — ТУ 108–995–81.</b>										
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 108–995–81</b>									<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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.												

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	Угол изгиба, град.	НВ			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее или в пределах		
ТУ 108–995–81	Закалка	850–870	Вода или масло	До 1800	471–638 <sup>1</sup>	667	18	45	59	180	≤ 250			
	Отпуск	630–650	С печью до 400°С, далее на воздухе		471–638 <sup>2</sup>	638	14	35	49	150				

<sup>1</sup> Образцы продольные.

<sup>2</sup> 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 среднearифметическое 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, $\sigma_b = 635–700$ Н/мм <sup>2</sup> ; $K_v = 0,6$ (твердый сплав), $K_v = 0,3$ (быстрорежущая сталь)	Мало чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Угол изгиба, град.	НВ	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
ТУ 108.1028–81	Закалка	850–870	Масло	Диски	не менее или в пределах						150	—
					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						150	—
					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				
										2. Поковки турбинных дисков, колес и покрышек до 450		2. Отжиг низкотемпературный, одно переохлаждение
Заготовка	1220–800	3. Поковки общего машиностроения до 1000		3. Отжиг низкотемпературный		201–300		В яме				
Свариваемость			Обрабатываемость резанием				Флокеночувствительность					
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и ЭШ. Необходимы подогрев и последующая термообработка			Нормализованное и отпущенное состояние при 178 НВ и σ <sub>в</sub> = 570 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав)				Мало чувствительна					
							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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> при требуемом σ <sub>в</sub> менее 600 Н/мм <sup>2</sup> ,																
150 Н/мм <sup>2</sup> при требуемом σ <sub>в</sub> 600–900 Н/мм <sup>2</sup> ,																
200 Н/мм <sup>2</sup> при требуемом σ <sub>в</sub> более 900 Н/мм <sup>2</sup> .																
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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											
					637–784	784	13	42	59	—	229–277					
	Отпуск	560–650	Воздух		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 <sup>2</sup> .																

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 <sup>2</sup> ), 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 <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	Температура среды, °С	Условное давление $P_y$ , Н/мм <sup>2</sup>	Температура среды, °С	Условное давление $P_y$ , Н/мм <sup>2</sup>					
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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>					
ГОСТ 20700–75	ПС			425	333	284	—					
				450	294	225	127					
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup>.
- 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  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_b$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , КСУ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °С	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 До 40	1370	1570	12	38	—	45-53	—
	Отпуск	200-240	Воздух								

**Назначение.** Болты, шпильки, пробки, хомуты с предельной температурой среды до 450°С (условное давление  $P_y$ , Н/мм<sup>2</sup>, не ограничено), гайки с предельной температурой среды до 510°С (условное давление  $P_y$ , Н/мм<sup>2</sup>, 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°С.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 500°С (ПНАЭГ-7-008-89).

Коррозионная стойкость стали низкая.

Сталь перлитного класса.

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1, 4]			Термообработка	Mo, % (по массе)	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t <sub>отн</sub> , °С [5]		Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N			550	600	
333	—	—	$\sigma_{0,2} = 490$ Н/мм <sup>2</sup> , $\sigma_b = 640$ Н/мм <sup>2</sup> , 190-240 НВ	0,17	99	124	Отпуск с печью
588	—	10 <sup>6</sup>	Закалка 870°С. Отпуск 400°С. $\sigma_b = 1370$ Н/мм <sup>2</sup>	0,17	106	126	Отпуск в масле
441	—	10 <sup>6</sup>	Закалка 870°С. Отпуск 600°С. $\sigma_b = 980$ Н/мм <sup>2</sup>	0,38	92	115	Отпуск с печью
499	—	—	$\sigma_b = 1030$ Н/мм <sup>2</sup> . 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда							
[5]	Закалка	850	Масло	Пруток ø 25	Образцы продольные					
	Отпуск	560	Вода, масло		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
	Закалка	850-870	Масло							
	Отпуск	560-650	Вода, масло							

#### Механические свойства поковок при комнатной температуре

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда							
[5]	Нормализация Отпуск	860-880 580-650	Воздух Воздух	Поковки 200 150 200 100	Образцы продольные					
					500	700	16	45	60	217
					600	800	14	45	65	248
					710	900	13	42	65	277
					750	950	13	42	65	285

35ХМ		Механические свойства при повышенных температурах													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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, °C	σ <sub>0</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение σ <sub>r</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , за время τ, ч							НВ
	Операция	t, °C	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, °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 свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и ЭШ. Необходимы подогрев и последующая термообработка. КТ		После закалки и отпуска при 212–249 НВ и σ <sub>в</sub> = 660 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>												
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	30	780	940	12	50	59	—	285												
													Отпуск	600–620	Вода	50	670	860	12	50	59	—	255	
	Закалка	910	Вода	80	720	900	16	50	59	—	262													
				120	650	840	16	50	59	—	—													
				160	510	720	16	50	59	—	212													
				200	410	670	16	50	59	—	—													
	Отпуск	600–620	Вода	240	390	670	16	50	59	—	—													
				Закалка	900	Масло	—	1610	1750	10	48	88	—	510										
															Отпуск	200	Воздух	1490	1640	10	49	78	—	470
	400	Воздух	—	1070	1180	14	59	88	—	350														
	520	Вода	—	900	1110	18	63	118	—	300														
600	Вода	—																						

**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 <sup>2</sup>		Состояние стали	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+20	0	–20	–40	–50	–80	
363	—	σ <sub>0,2</sub> = 690 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 880 Н/мм <sup>2</sup> .	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	Обрабатываемость 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 <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Состояние стали			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	σ <sub>0,2</sub> = 730 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 930 Н/мм <sup>2</sup>			+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80						
382	—				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 <sub>в</sub> = 780–800 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>ν</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>ν</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ас <sub>3</sub>	Аг <sub>1</sub>	Аг <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ			
	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			
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	—			+ 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 НВ и σ <sub>в</sub> = 780–800 Н/мм <sup>2</sup> К <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), К <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда											
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												
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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	<sup>1</sup> Температура нагрева 920°С				
Механические свойства															
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб	НВ		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда											не менее	
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.															
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]							Термообработка листов			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 <sub>b</sub> = 490 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,42 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	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					
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+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 HB K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	Масло	Центральная зона									
				30	520	690	25	67	183	—	—		
				Центральная зона									
		80	400	630	24	67	186	—	—				
		Центральная зона											
		200	390	610	30	67	182	—	—				
	Закалка Отпуск	890	Через воду в масло	Приповерхностная зона									
				200	450	700	28	67	171	—	—		
				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	Масло	20–70	1320	1510	12	57	69	44	—			
				400	1200	1270	12	59	69	42	—		
				500	980	1080	17	60	127	35	—		
				600	730	830	20	67	196	25	—		

25ХГСА										
<b>Назначение.</b> Оси, валы, шестерни, червяки, ходовые винты, шатуны, коленвалы, штоки и другие ответственные сварные и штамповочные детали, применяемые в улучшенном состоянии.										
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80	
534	—	10 <sup>7</sup>	Закалка. Отпуск 200°С. $\sigma_b = 1590$ Н/мм <sup>2</sup> .	183	—	160	132	78	—	Закалка 890°С, масло. Отпуск 600°С, воздух.
509	—	10 <sup>7</sup>	Закалка. Отпуск 400°С. $\sigma_b = 1430$ Н/мм <sup>2</sup> .							
402	—	10 <sup>7</sup>	Закалка. Отпуск 600°С. $\sigma_b = 870$ Н/мм <sup>2</sup> .							
<b>Технологические характеристики</b>										
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		—	—			—	—			
<b>Прокаливаемость</b>										
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
<b>Свариваемость</b>			<b>Обрабатываемость резанием</b>				<b>Флокеночувствительность</b>			
Сваривается без ограничений.			При 228–262 НВ и $\sigma_b = 780\text{--}900$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,8$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	—	
				Свыше 80 до 150	835	1080	8	40	44 40 <sup>1</sup>	—	—	
				Свыше 150	835	1080	7	35	42 37 <sup>1</sup>	—	—	
ГОСТ 8479–70	Нормализация	ПС		До 100 <sup>1</sup>	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	
<sup>1</sup> Данные стали 30ХГС.												
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+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 <sub>в</sub> = 1000 Н/мм <sup>2</sup> .		
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее
[4]	Сталь 30ХГС				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			Образец прокатанный длина 5	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, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °C	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °C	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 <sub>отп.</sub> , °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	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, °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
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 <sup>2</sup> $K_v = 0,7$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	1275	1620	9	40	39	—	—					
	Отпуск	280–310	Воздух													
	Закалка I	950	Масло	Свыше 80 до 150	1275	1620	7	35	35	—	—					
	Закалка II	890	Масло	Свыше 150	1275	1620	6	30	33	—	—					
Отпуск	230	Воздух или масло														
ГОСТ 8479–70	Закалка	880–900	Масло	До 100	640	785	13	42	59	—	248–293					
					590	735	14	45	59	—	235–277					
	Отпуск	600–650	Воздух	100–300	540	685	13	40	49	—	223–262					
490	655	13	40		54	—	212–248									
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> , при t, °С				Термообработка					
Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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 <sub>в</sub> = 710 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Температура нагрева 940°С.																
Механические свойства при комнатной температуре																
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее				
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												
<b>Назначение.</b> Сильно нагруженные валы, шестерни, втулки, зубчатые колеса и другие детали, работающие при повышенных давлениях.																
Коррозионная стойкость низкая.																
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	—			+ 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 <sub>в</sub> = 730 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,75 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sup>1</sup>	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				
<sup>1</sup> 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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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	

<sup>2</sup> 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 <sub>v</sub> = 0,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	950	1200	10	50	80	Поверхности 56-62	Сердцевины ≥ 341				
	Закалка	820-860	Масло	20-60 <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup>	500-520	С печью до 150°С													
<sup>1</sup> Механические свойства сердцевины ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются.															
<sup>2</sup> Диссоциация аммиака 15-20%.															
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Сечение, мм	σ <sub>r</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>						+ 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 <sub>b</sub> = 540 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,0 (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна								
							Склонность к отпускной хрупкости								
							Мало склонна								

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>													
25ХГТ		Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71.													
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71</b>												<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	W	Ti	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>в</sub> = 880 Н/мм <sup>2</sup> , К <sub>v</sub> = 0,45 (твердый сплав), К <sub>v</sub> = 0,25 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда												
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 <sup>1</sup>	800	1100	12	35	60	Поверхности 56–62	Сердцевины ≥ 300				
	Закалка	840–860		100 <sup>1</sup>	750	900	12	35	60		Сердцевины ≥ 270				
	Отпуск	180–200		Воздух	150 <sup>1</sup>	700	850	12	30		50	Сердцевины ≥ 240			
<sup>1</sup> Механические свойства сердцевины ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются.															
<b>Назначение.</b> Шестерни, червяки, валы, втулки и другие детали, от которых требуется высокая прочность и вязкость сердцевины и высокая поверхностная твердость, работающие при больших скоростях и повышенных давлениях под действием ударных нагрузок.															
Сталь имеет более высокую прочность сердцевины и контактную усталостную прочность цементованного слоя, но несколько пониженную ударную вязкость по сравнению со сталью марки 18ХГТ.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>						+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80			
490	294	60	780	980	60	≥ 300	61	—	57	56	54	—	Закалка 850°С, масло. Отпуск 200°С, воздух.		
461	274	120	730	920	60	270–300									
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 <sub>b</sub> = 880 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,45 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,25 (быстрорежущая сталь)						Не чувствительна						
Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка.									Склонность к отпускной хрупкости						
									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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	920–950													
	Закалка	820–840	Масло		Не определяются					Поверхности 56–62	Сердцевинные ≤ 321				
	Отпуск	180–200	Воздух или масло												
<sup>1</sup> Охлаждение замедленное в колодах или в цементационных ящиках.															
<b>Назначение.</b> Зубчатые колеса, вал-шестерни, червяки, кулачковые муфты, валики, пальцы, втулки и другие цементуемые детали, работающие в условиях ударных нагрузок.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>						+ 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 <sub>b</sub> = 540 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,0 (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна							
								Склонность к отпускной хрупкости							
				Мало склонна											

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
27ХГР		Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71.											
<b>Массовая доля элементов<sup>1</sup>, %, по ГОСТ 4543–71</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	N	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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
<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка	
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 HB K <sub>v</sub> = 0,75 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,60 (быстрорежущая сталь)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Склонна

Марка стали		Вид поставки											
12Х1МФ (ЭИ 575), 12Х1МФ-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 14-3Р-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	12Х1МФ
		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 14-3Р-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 14-3Р-55-2001	12Х1МФ-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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 12Х1МФ предусмотрены категории 2, 3, 16, 18-20.													
2. Листы из стали 12Х1МФ изготовляют термически обработанными.													
3. Для проката толщиной менее 8 мм допускается снижение $\delta$ на 1 абс. % на 1 мм уменьшения толщины, для проката толщиной более 20 мм — снижение $\delta$ 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 <sup>2</sup>	Предел текучести <sup>1</sup> $\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч									
		не менее		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>							
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	—								
<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 20072-74	Нормализация <sup>1</sup>	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
<sup>1</sup> 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 HB.											
2. Для стали 12Х1МФ высшей категории качества временное сопротивление разрыву установить в пределах 470-640 Н/мм <sup>2</sup> , а предел текучести не менее 275 Н/мм <sup>2</sup> .											
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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч			
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>			
ГОСТ 20072-74	Нормализация Отпуск	960-980 700-750	Воздух 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	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: $\sigma_{0,2}$ , $\sigma_b$ , $\delta$ , $\psi$ , КС, HB, контроль макроструктуры и дефектоскопия (УЗК).											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °С	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 <sup>2</sup>	274	441–637	21	55	59	—	—
				ø 57–219							
	Отпуск	720–750	Воздух	s 4,0–30 <sup>3</sup>	Поперечные образцы						
ø 10–70				274	441–637	19	50	49	—	—	
s 2,0–13 <sup>4</sup>											

<sup>2</sup> Трубы горячедеформированные (в том числе горячепрессованные из катаной и ковальной заготовки).

<sup>3</sup> Трубы горячепрессованные из непрерывнолитой заготовки.

<sup>4</sup> 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°С и снижение температуры отпуска до 700°С с выдержкой не менее 1 часа.

Для холоднодеформированных труб из мартеновской стали допускается повышение температуры нормализации до 990°С.

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°С. 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°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<sup>2</sup> 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°С 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 <sub>исп.</sub> , °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда			не менее	1·10 <sup>5</sup>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее или в пределах	
ТУ 14-3-341-75	Нормализация Отпуск	ПС		ø 32, 36, 50 s стенки 5 или 6	274	441-637	21	—	—	—	—		
<b>Гарантируемые значения предела текучести при повышенных температурах и предела длительной прочности для металла плавниковых труб</b>													
НД	Режим термообработки			t <sub>исп.</sub> , °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч							
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			не менее	1·10 <sup>5</sup>						
ТУ 14-3-341-75		ПС		400	220	—							
				450	210	—							
				500	170	—							
				540	—	110 (среднее значение)							
				570	—	80 (среднее значение)							
				610	—	50 (среднее значение)							
<b>Назначение.</b> Трубы пароперегревателей, трубопроводов и коллекторных установок высокого давления, поковки для паровых котлов и паропроводов, детали цилиндров газовых турбин для работы при температуре 570-585°C. Шайбы, паровые компенсаторы уплотнения в условиях высоких и сверхкритических параметров пара. Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 550°C (ПНАЭГ-7-008-89). Сталь теплоустойчивая перлитного класса.													
Механические свойства стали при различных температурах													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t <sub>исп.</sub> , °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее или в пределах	
[3, 7]	Нормализация Отпуск	960-1030 680-760	Воздух Воздух	Прутки, трубы, трубная заготовка	20	Поперечные образцы							
						290	510	23-31	61	—		—	
						Продольные образцы							
						—	—	—	—	60-80		—	
						—	—	—	—	80		—	
						—	—	—	—	100		—	
						—	—	—	—	80		—	
						—	—	—	—	80		—	
						—	—	—	—	180		—	
						—	—	—	—	150		—	
						—	—	—	—	150		—	
						—	—	—	—	140		—	
						—	—	—	—	—		—	
						—	—	—	—	18-20		67	—
						—	—	—	—	21-22		75	110
						—	—	—	—	20-24		78	—
						—	—	—	—	20-26		78	130
						—	—	—	—	22-28		66	—
						—	—	—	—	23-38		74	—
						—	—	—	—	28-40		79	200
	—	—	—	—	37-42	84	270						
	Высокий отпуск	770, 2 ч	Печь до 720°C 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°C, 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	$\tau$ , ч	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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	198 166 176 123 148 78	(180) (148) (137) (104) (85) (44)	—	—			
								—	—			
								—	—			
								—	—			
								—	—			
								—	—			
Значения в скобках получены экстраполяцией.												
Пределы длительной прочности и ползучести												
НД	Режим термообработки			t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>				
[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 <sup>2</sup> [1]	Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]						Термообработка		
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup>	Продукты сгорания топлива	t, °С	Глубина коррозии <sup>1</sup> , 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		
<sup>1</sup> Экстраполяция на 100000 ч.								
Жаростойкость в различных средах								
НД	Среда	t, °С	База испытаний, ч	Скорость окисления, мм/год	Потеря массы, г/(м <sup>2</sup> ·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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,5 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,35 (быстрорежущая сталь)		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
				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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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										
<b>Назначение.</b> Трубопроводы ТЭС.														
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>в</sub> = 580 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,8 (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна							
							Склонность к отпускной хрупкости							
							Не склонна							

Марка стали	Вид поставки									
15X1M1Ф	<b>Поковки</b> — ГОСТ 8479-70, ТУ 108.17.1050-78. <b>Поковки трубных заготовок</b> — ТУ 108.11.653-82. <b>Трубы</b> — ТУ 3-923-75, ТУ 14-3P-55-2001, ТУ 05764417-008-93. <b>Трубные заготовки</b> — ТУ 14-1-1529-93, ТУ 14-1-1787-76, ТУ 14-1-2560-78, ТУ 108-938-80, ТУ 108-1267-84. <b>Листы</b> — ТУ 108.11.888-87. <b>Прутки</b> — ТУ 14-1-2055-77.									
	<b>Массовая доля элементов, %</b>									
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 <sup>+0,03%</sup> <sub>-0,02%</sub> ; 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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						HRC	HB
					Образцы продольные							
					314	490–686	18	50	49	—		
Образцы поперечные						HRC	HB					
314	490–686	16	45	39	—			—				
Образцы продольные								HRC	HB			
314	490–686	18	50	49	—	—						
Образцы поперечные						HRC	HB					
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								HRC	HB			
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/см<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			не менее	1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>				
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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее или в пределах
ТУ 05764417–008–93	Нормализация	970–1000	Воздух	ø 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 <sup>2</sup>	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			не менее	1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>				
ТУ 05764417–008–93	ПС			400	235	—	—					
				560	130	94	—					
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—					
<b>Назначение.</b> 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.												

15Х1М1Ф											
Механические свойства при различных температурах											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—
				$\phi$ 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	С, % (по массе)	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , ч							
[5]	Нагрев Отпуск	970–1000 700, 5 ч	Воздух Воздух	Трубы $\phi$ 273×36	Исходное состояние		20	380	590	21	69	150	—
								550	310	410	19	79	110
			Образцы продольные		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	—		
					Образцы тангенциальные	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч				
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>				
[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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>						
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 <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,8 (быстрорежущая сталь)			Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
					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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> при требуемом σ <sub>b</sub> менее 600 Н/мм <sup>2</sup> ,														
150 Н/мм <sup>2</sup> при требуемом σ <sub>b</sub> 600–900 Н/мм <sup>2</sup> ,														
200 Н/мм <sup>2</sup> при требуемом σ <sub>b</sub> более 900 Н/мм <sup>2</sup> .														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> .														
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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч							
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>						
ГОСТ 20072–74	Закалка	880–900	Масло	500	255–284	—	—	78						
	Отпуск	640–660	Вода	550	98–147	—	88	29						

25Х1МФ (ЭИ 10)		Механические свойства										
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП	
	Операция	t, °С	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°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  $10^4/\sigma_b$  (Н/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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, °С	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
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, °С	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время t, ч							НВ
	Операция	t, °С	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, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП						
	Операция	t, °С	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	—	—	—	—	—				
						Закалка Отпуск	930–950 620–710	Масло или вода Воздух	До 100	20	Гайки, плоские подкладные шайбы						197–241	490
											Гайки, плоские подкладные шайбы							
	490–686	588	16	50	59						—							
	350	343	—	—	—						—							
	До 200	20	490–637	588	14						50	59	197–229	490				
			350	343	—						—	—	—					
Закалка Отпуск	930–950 620–710	Масло или вода	До 200	20	Выпуклые и вогнутые сферические шайбы						197–229	490						
					Выпуклые и вогнутые сферические шайбы													
					430–637	588	16	50	59	—								
					350	343	—	—	—	—								
					До 200	20	637–804	686	14	50			59	224–277	640			
							350	490	—	—			—	—				

## 25Х1МФ (ЭИ 10)

## Механические свойства

Примечания.

1. Для крепежных деталей из стали с диаметром или стороной заготовки более 80 мм допускается снижение предела текучести на 20 Н/мм<sup>2</sup>.

2. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм, указанных в таблице для  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_b$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , КСУ соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%.

3. Для крепежных деталей групп качества 0, 0а и 1 производить дополнительно определение ударной вязкости КСВ 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 3а контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.

6. 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [1, 4]			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t отпуска, °C [1]			Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		600	630	660	
372-470	—	5·10 <sup>6</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[4]	Закалка	860	Масло	250	Поковки						
					780	930	10	40	49	—	285-321
	Отпуск	515	Воздух	350	690	860	12	45	59	—	269-302
				450	590	780	14	45	59	—	241-277
Закалка	930-950	Масло	20-180	670	780	16	50	59	—	—	
Отпуск	620-660	Воздух									

## Механические свойства при повышенных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	930-950	Масло	Продольные образцы	20	790-1000	880-1050	16-19	60-64	75-98	—
					400	610	710	17	68	—	—
					450	590	690	17	71	—	—
Отпуск	620-660	Воздух	Продольные образцы	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее				
[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 Отпуск	930–1000 640–660	Воздух Воздух		20	830	960	17	51	50	—	—				
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , ч							не менее или в пределах				
[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 Отпуск	1000 650	Воздух Воздух	450 500	3000 3000	800 870	970 980	15 15	52 60	41–49 41	— —					
	Пределы длительной прочности и ползучести															
НД	Режим термообработки			t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч									
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>								
[5, 23]	Закалка Отпуск	930–950 620–660	Масло Воздух	450	—	—	—	230								
				475	—	—	—	145								
				500	260	170	—	80								
				525	—	115	—	52								
				$\sigma_{0,2} = 810$ Н/мм <sup>2</sup>	550	100	60	90	30							
				$\sigma_b = 890$ Н/мм <sup>2</sup>	600	50	32	—	—							
	Нормализация	920	Воздух	500	340	210	—	—								
	Нормализация	1000	Воздух	500	270 <sup>1</sup>	165 <sup>1</sup>	—	—								
	Отпуск	650	Воздух													
	Нормализация	920	Воздух	500	150	90	—	—								
Отпуск	650	Воздух	550	130 <sup>1</sup>	70 <sup>1</sup>	—	—									

<sup>1</sup> Образцы с надрезом.

25X1МФ (ЭИ 10)		Релаксационная стойкость													
НД	Режим термообработки			t, °C	σ <sub>0</sub>	σ <sub>0,2</sub>	Остаточное напряжение σ <sub>r</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , за время τ, ч								НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда				Н/мм <sup>2</sup>	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<sub>0,2</sub> и НВ даны для исходного металла.

Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>							
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 <sup>-</sup> ] 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 <sub>b</sub> = 780 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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	—	—	
<sup>1</sup> Сумма S и P должна быть не более 0,04%.														
Механические свойства при комнатной температуре														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Угол загиба, град	HB			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее		
ОСТ 108.961.05–80	Нормализация		970–980	Воздух	—	608–736	716	16 <sup>1</sup>	40 <sup>1</sup>	—	180 <sup>1</sup>			
	Отпуск		680–700	Воздух				13 <sup>2</sup>	35 <sup>2</sup>	39 <sup>2</sup>	150 <sup>2</sup>			
ТУ 108.1029–81	Нормализация		950–960	Воздух	—	409–667	618	16 <sup>1</sup>	40 <sup>1</sup>	39 <sup>1</sup>	180 <sup>1</sup>			
	Отпуск		670–700	Воздух				13 <sup>2</sup>	35 <sup>2</sup>	44 <sup>2</sup>	150 <sup>2</sup>			
<sup>1</sup> Образцы продольные.														
<sup>2</sup> Образцы поперечные.														
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]			Термообработка				Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N					+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80		
461	—	10 <sup>7</sup>	Нормализация 1040°С. Отпуск 650°С, 6 ч				—	—	—	—	—	—	—	
Механические свойства при комнатной температуре														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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									
						530	690	15	41	25	—				
						440	565	16,5	59,5	125	—				
						435	515	17,5	64,5	115	—				
						415	470	21,5	71,5	105	—				
						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	—	
				500	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	20 300 400 450 500 550 600	Образцы продольные						255 — — — — — —
									785	870	19	69	190	—	
680	790	17,5	69,5						170	—					
600	720	17	69						130	—					
600	700	18	73						130	—					
540	610	19	74						100	—					
480	520	19	81						130	—					
440	460	26	86						200	—					
Нормализация Отпуск	950 700–710, 10 ч	Воздух Воздух	Пруток ø 70	20 100 300 500 600	Образцы продольные						217 — — — —				
					620	780	16	64	110	—					
					600	730	16	65	180	—					
					580	710	13	60	150	—					
					450	510	16	70	120	—					
					370	390	18	84	100	—					
Закалка Отпуск	950 670–690, 8 ч	Масло Воздух	—	20 200 400 450 500 565 580 600	Диск диаметром 1020 мм, высотой 250 мм; слиток 2,5 т						211 — — — — — — —				
					Образцы тангенциальные, с периферии										
					660	790	21	65,5	130	—					
					620	725	15	59,5	150	—					
					570	675	15	61	135	—					
					545	630	12	63,5	135	—					
					520	615	14	71,5	110	—					
					510	520	15,5	76,5	110	—					
					465	490	18	81	105	—					
					440	465	16	73,5	110	—					
					Образцы тангенциальные, из центра										
					20	670	795	19	57	85		211			
					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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч							
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>							
[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 <sub>0</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение σ <sub>r</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>												
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					Обработываемость 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 <sub>в</sub> = 960 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>α</sub> = 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 <sup>1</sup>	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

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_B$  менее 600 Н/мм<sup>2</sup>,

150 Н/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_B$  600–900 Н/мм<sup>2</sup>,

200 Н/мм<sup>2</sup> при требуемом  $\sigma_B$  более 900 Н/мм<sup>2</sup>.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
ГОСТ 20700–75	Закалка Отпуск	970–990 680–720 <sup>1</sup>	Масло Воздух	До 200	не менее или в пределах							—	241–277
					Болты, шпильки, пробки, хомуты								
					667–784	784	15	50	59	—	—		
					Гайки								
					—	—	—	—	—	—	197–229		

<sup>1</sup> 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/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
ГОСТ 20700–75	Закалка Отпуск	970–990 680–720 <sup>1</sup>	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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_t$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время t, ч							$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			100	1000	3000	5000	8000	10000	12000	
ГОСТ 20700–75	Закалка Отпуск	970–990 680–720 <sup>1</sup>	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 околосамковым 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	d <sub>10</sub> , 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 <sup>1</sup> 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

<sup>1</sup> Для тангенциальных образцов допускается снижение  $\sigma_{0,2}$  и  $\sigma_b$  на 5%,  $\delta$  и КСУ на 25%,  $\psi$  на 20%. Для радиальных образцов снижение допустимо:  $\sigma_{0,2}$  и  $\sigma_b$  на 10%,  $\delta$  и  $\psi$  на 35%, КСУ на 40%.

Механические свойства при различных температурах (продольные образцы)											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	
[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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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. $\sigma_{0.2} = 750$ Н/мм <sup>2</sup> .																
Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>												
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 $\sigma_b = 960$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,80$ (твердый сплав), $K_v = 0,45$ (быстрорежущая сталь)					Ac <sub>1</sub>		Ac <sub>3</sub>		Ar <sub>1</sub>		Ar <sub>3</sub>	
									800–830		890–930		—		—	

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>										
<b>20Х1М1Ф1БР (ЭП 44)</b>	<b>Сортовой прокат — ГОСТ 20072–74, ТУ 14–1–552–72. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78.</b>										

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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.**

- Нормы механических свойств прутков диаметром или толщиной свыше 90 мм, перекаченных или перекованных на круг или квадрат размером 90 мм, должны соответствовать требованиям таблицы.
- Ударная вязкость по требованию потребителя.
- Твердость горячекатаной и кованой отожженной, отпущенной или нормализованной с высоким отпуском стали должна соответствовать ≤ 229 НВ.
- Горячекатаная, кованая и калиброванная сталь, предназначенная для осадки, горячей высадки и штамповки, должна быть испытана на осадку в горячем состоянии.
- 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<sup>2</sup>.
- 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.
- Сталь обрабатывается по режиму термообработки (I вариант).
- 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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					241–277	665					
					667–784	686	14	50	59							
	Отпуск	680–720	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.

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/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время t, ч										$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>
			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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>																	
	Закалка Отпуск	970-990 700-735	Масло Воздух		не менее или в пределах													
					не менее или в пределах													
	не менее или в пределах																	

<sup>1</sup> 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  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_b$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [5]							Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	1030–1050 600, 3 ч 700–720, 6 ч	Воздух Воздух	Шпильки	20	680	800	14	50	60	255
				Гайки		—	—	—	—	—	229

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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
						580	850	970	15	50	—	—
						20	780	900	13	44,5	—	285
						580	560	590	14	60	—	—

Пределы длительной прочности и ползучести стали (образцы продольные)							
НД	Режим термообработки			t, °С	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть <sup>1</sup> , Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	
[5]	Рекомендованная			450	490	400	240
				500	350	300	160
				525	310	260	—
				565	230	180	110
				580	210	160	—

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0</sub>	σ <sub>0,2</sub>	Остаточное напряжение σ <sub>r</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , за время τ, ч							
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда				Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , 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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>											
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 <sup>2</sup> $K_v = 0,80$ (твердый сплав), $K_v = 0,45$ (быстрорежущая сталь)				Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>			
							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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sup>1</sup>	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						

<sup>1</sup> 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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	КCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
ГОСТ 6713–91	В горячекатаном или нормализованном состоянии			8–15	20	390	530–685	19	—	—	29 <sup>1</sup>	d=2a <sup>2</sup> d=1,5a <sup>3</sup>
					–20	—	—	—	—	—	29 <sup>4</sup>	—
					–40	—	—	—	—	39 <sup>2</sup>	—	—
					–60	—	—	—	—	29 <sup>5</sup>	—	—
					–70	—	—	—	—	29 <sup>4</sup>	—	—
					20	390	530–670	19	—	—	29 <sup>1</sup>	d=2a <sup>2</sup> d=1,5a <sup>3</sup>
					–20	—	—	—	—	—	29 <sup>4</sup>	—
					–60	—	—	—	—	29 <sup>5</sup>	—	—
				–70	—	—	—	—	29 <sup>4</sup>	—	—	
				20	390	510–670	19	—	—	29 <sup>1</sup>	d=2a <sup>2</sup> d=1,5a <sup>3</sup>	
				–20	—	—	—	—	—	29 <sup>4</sup>	—	
				–60	—	—	—	—	29 <sup>5</sup>	—	—	
–70	—	—	—	—	29 <sup>4</sup>	—	—					

<sup>1</sup> Для проката 1, 2 категории.

<sup>2</sup> Для проката 1 категории.

<sup>3</sup> Для проката 2, 3 категории.

<sup>4</sup> Для проката 3 категории.

<sup>5</sup> Для проката 2 категории.

При определении ударной вязкости на образцах типа 3 по ГОСТ 9454–78 значения ударной вязкости должны быть на 10 Дж/см<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	KCV <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	KCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	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°С до плюс 450°С; детали, работающие под давлением в сосудах при температуре от минус 40°С до плюс 400°С.

Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 400°С (ПНАЭГ-7-008-89).

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]			Термообработка	НД	Тип образца	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	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 $\delta=40$
			КСУ		114-115	87-89	47-49	37-45	9-16	5-10		

#### Механические свойства при повышенных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\delta_p$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>3/2</sup> , 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 <sup>3</sup> ·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 <sup>2</sup> $K_v = 1,4$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	КCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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	–60	—	—	—	—	29	—	—	
					20	335	470–670	19	—	—	29	d=2a	
–60	—	—	—	—	29	—	—						
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	КCU, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
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	–40	—	—	—	—	29	—	—	—	—	
			–70	—	—	—	—	29	—	—	—		
			20	345	490	21	—	—	—	—	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	—	—
Свыше 10 до 32				–40	—	—	—	—	39	—	—	—	
				–70	—	—	—	—	29	—	—	—	
				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	—	—	
			Свыше 10 до 32	–40	—	—	—	—	39	—	—	—	
				–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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, после механического старения, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Примечание
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 20	0	- 20	- 40	- 50	- 60	
274-299	—	При $\sigma_b = 490-560$ Н/мм <sup>2</sup> .	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 интервалковки, °C	из слитков		из заготовок	
		Размер сечения, мм	Условия охлаждения	Размер сечения, мм	Условия охлаждения
Слиток	1200-850	—	—	—	—
Заготовка		—	—	—	—

Свариваемость	Обрабатываемость резанием	Флокочувствительность
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ.	В горячекатаном состоянии при $\sigma_b = 500$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 1,48$ (твердый сплав), $K_v = 1,3$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB				
	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													
			100	510	860	10	—	90	—	—					
Назначение. Шестерни, втулки, пальцы и другие детали, от которых требуется повышенная вязкость и умеренная прокаливаемость.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		– 50	– 20	20	200	300	400						
320 <sup>1</sup>	—	20 × 10 <sup>6</sup>	Нормализация 830°С. Отпуск 650–670°С. σ <sub>0,2</sub> = 340 Н/мм <sup>2</sup> ; σ <sub>B</sub> = 550 Н/мм <sup>2</sup> ; 170 HB.	43	62	81–89	44–46	91–94	68–72	Закалка, высокий отпуск.					
210 <sup>2</sup>	—	20 × 10 <sup>6</sup>													
Образцы диаметром 6 мм: <sup>1</sup> гладкий; <sup>2</sup> с надрезом, R <sub>n</sub> = 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 HB K <sub>v</sub> = 0,95 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ag <sub>1</sub>	Ag <sub>3</sub>
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—					
<b>Назначение.</b> 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 <sup>4</sup> ч				Жаростойкость												
				Среда	t, °С	Скорость коррозии, мм/год			База испытаний, ч							
Чувствительность к охрупчиванию при старении				—												
Время, ч	t, °С	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>														
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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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												
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]				Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	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 <sup>7</sup>	—	—	790	—	197					
<b>Механические свойства при повышенных температурах</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—		
<b>Механические свойства в зависимости от сечения</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—		
<b>Механические свойства в зависимости от температуры отпуска</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t <sub>отп</sub> , °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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		—		—		
<b>Технологические характеристики [1]</b>												
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					
<b>Свариваемость</b>				<b>Обрабатываемость резанием</b>				<b>Флокеночувствительность</b>				
Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ. Необходимы подогрев и последующая термообработка				В нормализованном состоянии при $\leq 229$ НВ и $\sigma_b = 750$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,8$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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					
<b>Назначение.</b> Коленчатые валы, шатуны, шестерни, шпиндели, муфты, болты и другие ответственные детали.																
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Твердость после термообработки											
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				Термообработка					НВ (HRC)						
594	892	Закалка 845°С, вода. Отпуск 480°С, вода. σ <sub>0,2</sub> = 900 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 1150 Н/мм <sup>2</sup> .			Цианирование 810–830°С, масло. Отпуск 200°С, воздух.					Сердцевины 450 Поверхности (58)						
506	773	Закалка 845°С, вода. Отпуск 590°С, вода. σ <sub>0,2</sub> = 810 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 1010 Н/мм <sup>2</sup> .			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					Флокоочувствительность								
Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка.			В нормализованном состоянии при ≤ 229 НВ и σ <sub>в</sub> = 750 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	300	Масло	—	400	1180	1250	11	57	69	42	—			
				400	880	980	14	64	127	33				
Отпуск	400	Масло	—	500	880	980	14	64	127	33				
				500	740	780	16	65	172	27				
Отпуск	600	Масло	—	600	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	—	—	—	—		—	—
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 <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+20	0	-20	-40	-60	-80	
578	—	10 <sup>6</sup>	Нормализация 930°С. Закалка 840°С, масло. Отпуск 200°С. σ <sub>b</sub> = 1450 Н/мм <sup>2</sup> .	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 <sub>v</sub> = 0,95 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	170–230	Воздух	100	930	1040	17	66	127						
150				880	1040	17	50	108							
<sup>1</sup> Механические свойства ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются.															
<b>Назначение.</b> Шестерни, червяки, кулачковые муфты, валики, пальцы, втулки и другие нагруженные детали, работающие в условиях ударных нагрузок.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+20	0	-20	-40	-60	-80						
578	—	10 <sup>7</sup>	Нормализация с 930°С, закалка с 840°С, отпуск при 200°С; σ <sub>в</sub> = 1450 Н/мм <sup>2</sup>	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					
<b>Технологические характеристики</b>															
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 HB K <sub>v</sub> = 0,85 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	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	—				
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка						
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80	Сечение 200 мм.						
440	—	Закалка 840°С, масло. Отпуск 580°С. σ <sub>в</sub> = 840 Н/мм <sup>2</sup>	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 <sub>в</sub> = 640 Н/мм <sup>2</sup> К <sub>r</sub> = 1,0 (твердый сплав), К <sub>r</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—	—	
	Нормализация Отпуск	900 0,3 ч 700 1 ч	Воздух Воздух	Труба 89×6,0	20	410–420	550–560	32,0–33,0	—	—	—	—	—	
	Без термообработки			Труба 114×6,0	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	Предел ползучести, Н/мм <sup>2</sup>	Скорость ползучести, %/ч	t <sub>выдержки</sub> , °C	Длительность нагрева, ч	Сдвиг критической температуры
350	430	250	1/10 <sup>4</sup>	340	1,5·10 <sup>4</sup>	0
400	415	210	1/10 <sup>4</sup>	450	1,5·10 <sup>4</sup>	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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>						НВ	КП			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда																
ГОСТ 8479–70	Закалка Отпуск	ПС		100–300 <sup>1</sup>	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									

<sup>1</sup> Данные стали 34ХН1МА.

34ХН1М, 34ХН1МА		Механические свойства при комнатной температуре									
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ОСТ 108.958. 04–85		ПС		500	490	655	12	35	49	212–248	490 <sup>2</sup>
				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 <sup>2</sup>
				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	

<sup>2</sup> 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/мм<sup>2</sup>, при КП 735  $\sigma_{0,2} = 735-940$  Н/мм<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	608	11	32	44	120	—
				Диски	559–785 <sup>2</sup>	667	11	32	44	120	—
					667–834 <sup>2</sup>	814	11	32	44	120	—
					490–687 <sup>2</sup>	657	15	40	49	150	—
					589–785 <sup>2</sup>	765	14	40	49	120	—
				667–834 <sup>2</sup>	814	12	40	49	120	—	

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	Угол изгиба, град.	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ТУ 108.1028-81		ПС		Диски	490-687 <sup>2</sup>	657	15	40	49	150	—
					589-785 <sup>2</sup>	765	14	40	49	120	—
					664-833 <sup>2</sup>	815	12	40	49	120	—

## Примечания.

1. Сдаточными характеристиками являются:  $\sigma_{0,2}$ ,  $\psi$ , 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/см<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	765	11	32	44	120	—

## Примечания.

1. Прямо-сдаточными характеристиками являются:  $\sigma_{0,2}$ ,  $\psi$ , 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 <sup>2</sup> [1, 4]		Азотирование	Термообработка	Механические свойства	Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1, 4]				Сечение <sup>3</sup> , мм	Термообработка
$\sigma_{-1}$	N				+20	-20	-40	-60		
162	10 <sup>7</sup>	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 <sup>2</sup> $\sigma_b = 745$ Н/мм <sup>2</sup> $\delta = 17\%$ $\psi = 48\%$	142	113	95	85	200	Закалка в воде купанием. Отпуск 620-640°C
348	10 <sup>7</sup>	Азотирование на глубине 0,80 мм			50	—	30	—		
319	10 <sup>7</sup>	Азотирование + отпуск 510°C			45	—	25	—	301-500	580-640°C
230-265	10 <sup>7</sup>	Азотирование + правка			<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 прессованный Ø 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 <sup>2</sup> $K_v = 0,8$ (твердый сплав), $K_v = 0,6$ (быстрорежущая сталь)				Сильно чувствительна				
							Склонность к отпускной хрупкости				
							Мало склонна				

Марка стали		Вид поставки														
35ХН1М2ФА		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Угол изгиба, град.	НВ					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее				
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 <sup>1</sup>	765	11	32	44	120						
					Диски	667–834 <sup>1</sup>	814	12	40	49		120				
ТУ 108–1028–81	Закалка	850–870	Масло	До 450 <sup>1</sup>	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					
<sup>1</sup> Образцы тангенциальные.																
<b>Назначение.</b> 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				Обработываемость резанием					Флокеночувствительность							
Не применяется для сварных конструкций.				В состоянии закалки и отпуска при σ <sub>в</sub> = 804 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,4 (быстрорежущая сталь); при σ <sub>в</sub> = 765 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,87 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ag <sub>1</sub>	Ag <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее				
ГОСТ 4543–71	Отжиг	840–880	С печью	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 <sup>1</sup>	590	780	12	45	69	Поверхности 56–62	Сердцевины ≤ 249					
	Закалка	790–810														
	Отпуск	180–200										Воздух				
	Цианирование	840–860	Масло	Пруток 60 <sup>1</sup>	590	780	12	50	88	Поверхности ≥ 56	Сердцевины ≥ 229					
	Закалка	840–860														
	Отпуск	180–200										Воздух				
Цементация	920–940	Вода		Не определяются					Поверхности ≥ 58	—						
Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ																
Отпуск	160–180	Воздух														
<sup>1</sup> Механические свойства сердцевинки ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются.																
<b>Назначение.</b> Шестерни, поршневые пальцы, шлицевые валы, шпонки и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и вязкости сердцевинки и высокой поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок или при отрицательных температурах.																
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>			Термообработка				Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N					+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80				
323	—	10 <sup>6</sup>	Закалка с 820°С в масле, отпуск при 580°С; σ <sub>в</sub> = 745 Н/мм <sup>2</sup> .				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 <sub>v</sub> = 0,85 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	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					
<b>Назначение.</b> Шестерни, полуоси, сателлиты, кулачки, шарниры и другие детали.																
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость заготовок, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Сечение, мм	Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>B</sub> = 880 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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				
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>			Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	σ <sub>в</sub>				+ 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 <sup>7</sup> .			—	—	—	—	—	—	—			
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 <sub>в</sub> = 980 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,63 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КП	НВ			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда											
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	—			
				До 100	735	880	13	40	59	735	277-321			
				100-300	735	880	12	35	49	735	—			
				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	—			
				100-300	590	735	13	40	49	590	235-277			
				500-800	590	735	10	30	39	590	—			
100-300	540	685	13	40	49	540	223-262							
300-500	540	685	12	35	44	540	—							
300-500	490	655	12	35	49	490	212-248							
500-800	490	655	11	30	39	490	—							
500-800	440	635	11	30	39	440	197-235							
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80				
447	274	Закалка с 850°С в масле, отпуск при 580°С, σ <sub>в</sub> = 880 Н/мм <sup>2</sup> . 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 <sub>в</sub> = 795 Н/мм <sup>2</sup> . 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 <sub>в</sub> = 560 Н/мм <sup>2</sup> К <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), К <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>								
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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																	
				Воздух	20	680	940	16	58	140	—	—									
					Центральная зона																
	Закалка Отпуск	860	Масло	Воздух	60	740	900	20	65	170	—	—									
					Приповерхностная зона																
					60	790	890	19	66	170											
	Закалка Отпуск	860	Масло																		
															200	1460	1650	8	51	68	49
300															1400	1550	8	55	54	47	—
400															1310	1410	9	56	64	43	—
500	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 <sup>2</sup> , 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 <sub>в</sub> = 880 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>r</sub> = 0,5 (твердый сплав)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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	—	—
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>															
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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												
<b>Назначение.</b> Шестерни, фланцы, кулачки, пальцы, валики, оси и другие ответственные тяжело нагруженные детали.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>			Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N				+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80				
505	—	10 <sup>7</sup>	Нормализация 890°С. Закалка 890°С, масло. Отпуск 230°С. σ <sub>0,2</sub> = 1600 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>B</sub> = 1700 Н/мм <sup>2</sup>			220	—	120	—	80	—	Закалка 900°С, масло. Отпуск 650°С, выдержка 2,5 ч, масло			
<b>Технологические характеристики</b>															
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				
<b>Свариваемость</b>				<b>Обрабатываемость резанием</b>						<b>Флокеночувствительность</b>					
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка.				В состоянии отжига при 217 HB и σ <sub>B</sub> = 750 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,85 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,7 (быстрорежущая сталь)						Чувствительна					
										<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>					
										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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	835	980	12	55	118	Поверхности 58–63	Сердцевины ≥ 302				
	Закалка	800–820		До 100 <sup>2</sup>	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 Масло Воздух Масло Воздух	Не определяются					Поверхности 56–63	Сердцевины ≥ 229					
	Нормализация или закалка <sup>1</sup>	900–920													
	Отпуск	630–660													
	Закалка	780–820													
Отпуск	150–200														
<sup>1</sup> 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.															
<sup>2</sup> Механические свойства сердцевинны ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются.															
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80					
382	—	Закалка с 820°С в масле, отпуск при 200°С. σ <sub>0,2</sub> = 680 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 960 Н/мм <sup>2</sup> .			127	—	—	103	—	—	Прутки сечением 10 мм. Закалка 850°С, масло. Отпуск 200°С, 1 ч. 36 HRC.				
338	230	σ <sub>0,2</sub> = 610 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 730 Н/мм <sup>2</sup> .			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	В яме											
Свариваемость		Обрабатываемость резанием				Флокочувствительность									
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ.		В горячекатаном состоянии при 183–187 НВ и σ <sub>в</sub> = 590 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>r</sub> = 1,25 (твердый сплав), K <sub>r</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	870–890											
	Отпуск <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup>	570	690	23	67	157	—	—						

<sup>1</sup> Операции применяются для ответственных деталей сложной конфигурации с целью получения более высокой и равномерной твердости поверхности после закалки и низкого отпуска и уменьшения деформации.

<sup>2</sup> Место вырезки образца – край.

20ХНЗА											
<p><b>Назначение.</b> 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.</p>											
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1, 4]						Сечение, мм	Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 50	- 60		
382	—	10 <sup>6</sup>	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 <sup>2</sup>	167	—	—	69	64	—	30	Закалка 880°C, масло. Отпуск 560°C
338	230	10 <sup>6</sup>	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 <sup>2</sup>	167	—	—	69	—	—	80	Закалка 880°C, масло. Отпуск 560°C
				196	—	122	—	—	—	100	Нормализация 860°C, воздух
421	—	10 <sup>6</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> $K_v = 0,95$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее				
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	—	—					
ГОСТ 8479–70	Отпуск	530	Вода или масло	150	785	980	7	40	66	—	—					
	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	—					
	Закалка	820	Масло	20	830	930	20	66	147	—	390					
				40	810	910	20	65	147	—	380					
				60	780	880	20	62	142	—	370					
Отпуск	580–600	Воздух	80	730	850	20	61	132	—	360						
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80						
510	—	Закалка 830°С, масло. Отпуск 430°С. σ <sub>b</sub> = 1330 Н/мм <sup>2</sup>			79	—	—	75	73	—	Закалка с 820°С в масле					
480	—	σ <sub>b</sub> = 1050 Н/мм <sup>2</sup>			80	—	—	70	74	—	отпуск при 200°С					
420	—	Закалка 830°С, масло. Отпуск 580°С. σ <sub>b</sub> = 950 Н/мм <sup>2</sup>			61	—	—	44	37	—	отпуск при 250°С					
372	—	σ <sub>b</sub> = 830 Н/мм <sup>2</sup>			51	—	—	37	27	—	отпуск при 300°С					
					123	—	—	87	72	—	отпуск при 400°С					
					192	—	—	182	179	—	отпуск при 500°С					
Количество мартенсита, %		Критическая твердость HRC			Критический диаметр, мм, при закалке											
—		42			В воде		В масле		В селитре		На воздухе					
50		—			40		20		—		—					
					—		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				Обработываемость 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 <sub>b</sub> = 1030 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,3 (быстрорежущая сталь). В горячекатаном состоянии при 157 НВ и σ <sub>b</sub> = 550 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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					
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП						
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее					
												$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
ГОСТ 8479–70	Нормализация	ПС		До 100 <sup>1</sup>	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 <sup>1</sup>	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							

<sup>1</sup> Данные стали 34ХНЗМА.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП						
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее или в пределах					
												$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
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 <sup>2</sup>						
				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							

<sup>2</sup> Образцы тангенциальные.

## Примечания.

- Буква "С" в КП указывает на то, что поковки с заданными механическими свойствами поставляются по согласованию изготовителя с потребителем.
- Для дисков компрессоров устанавливается ограничение верхнего значения предела текучести: для стали 34ХНЗМА при КП 735  $\sigma_{0,2} = 735\text{--}940$  Н/мм<sup>2</sup>.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Угол изгиба, град.	НВ						
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее или в пределах					
												$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Угол изгиба, град.
ОСТ 108.961.05–80	Закалка Отпуск	850–870 580–610	Масло С печью или воздух	Роторы Диски	687–883	853	14	40	59	150	—						
					667–834 <sup>2</sup>	814	11	32	44	120	—						
					667–834 <sup>2</sup>	814	12	40	49	120	—						

**34ХНЗМ, 34ХНЗМА****Механические свойства при комнатной температуре**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ТУ 108.11. 889–87	Термообработанные			250	883 <sup>2</sup>	1010	12	30	39	—	885
				300	784 <sup>2</sup>	930	13	35	39	—	785
				300	735 <sup>2</sup>	883	13	35	49	—	735
				350	686 <sup>2</sup>	834	14	35	49	—	685
				350	588 <sup>2</sup>	735	14	40	49	—	590
				350	490 <sup>2</sup>	657	14	40	54	—	490

**Примечания.**

1. Обязательными для приемки показателями заготовок для всех категорий прочности являются:  $\sigma_{0,2}$ ,  $\delta$ ,  $\psi$  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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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	
ТУ 108. 1028–81	ПС	Диски	664–833 <sup>2</sup>	815	12	40	49	120	—		

**Примечания.**

1. Сдаточными характеристиками являются:  $\sigma_{0,2}$ ,  $\psi$ , 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/см<sup>2</sup> 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 приемо-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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	765	11	32	44	120	—

**Примечания.**

1. Приемно-сдаточными характеристиками являются:  $\sigma_{0,2}$ ,  $\psi$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[I]	Нормализация Отпуск	850–880 560–650	Воздух Печь или воздух	800–1100	490	640	14	30	39	—	187–229

34ХНЗМ, 34ХНЗМА													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]						Термообработка			
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80				
397	—	10 <sup>7</sup>	$\sigma_{0,2} = 850 \text{ Н/мм}^2$ ; $\sigma_b = 1010 \text{ Н/мм}^2$ ; 293–311 НВ	105	91	64	73	73	59	Закалка с 860°C в масле, отпуск при 610°C, заготовка сечением 300 мм			
358	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>7</sup>	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										
Механические свойства при различных температурах													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—		
	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	—	—					
	Закалка Отпуск	850–870 690, 5 ч	Масло	Пруток	20	530	850	17	49	81	—		
					400	500	720	22	68	—	—		
	500	470	600		24	76	78	—					
	600	320	350		32	91	96	—					
	Скорость деформирования 16 мм/мин				Образец	825	87	145	62	98	—	—	
	Скорость деформации 0,009 1/с				кованый	925	51	91	67	98	—	—	
					Ø 6	1025	36	66	—	100	—	—	
				длина 30									
Пределы длительной прочности и ползучести													
НД	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч				Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч							
		1·10 <sup>5</sup>				1/10 <sup>4</sup>		1/10 <sup>5</sup>					
[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					
												Заготовка	
Прокаливаемость [4]													
Расстояние от торца, мм		1,5	6	12	18	30	48	Термообработка					
НРС		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КП	HB
	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 <sup>2</sup> [1]			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]					Термообработка	
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	– 20	– 40	– 60		– 80
549	—	10 <sup>5</sup>	Закалка. Высокий отпуск. σ <sub>0,2</sub> = 920 Н/мм <sup>2</sup> .	100	—	—	97	95	95	Закалка 850°С, масло. Отпуск 550°С, вода
461	—	10 <sup>6</sup>		135	—	—	137	138	133	
431	294	5·10 <sup>6</sup>								

Механические свойства прутка в зависимости от сечения											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	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 <sub>отп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>исп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 интервал ковки, °С	из слитков				из заготовок								
		Размер сечения, мм		Условия охлаждения		Размер сечения, мм		Условия охлаждения						
Слиток		ПС												
Заготовка	1200–850													
Свариваемость			Обрабатываемость резанием				Флокеночувствительность							
Не применяется для сварных конструкций			В отожженном состоянии при ≤ 269 НВ K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	σ <sub>-1</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	640	16	45	69	255	—		
					490	640	17	50	78	—			
					490 <sup>2</sup>	640	15	40	59	—			
<sup>1</sup> Образцы тангенциальные.													
<sup>2</sup> Образцы радиальные.													
<sup>3</sup> По ТУ 108.11.943–87 критическая температура хрупкости T <sub>K</sub> ≤ +20°С, коэффициент интенсивности напряжений K <sub>IC</sub> = 2940 Н/мм <sup>3/2</sup> .													
Назначение. Валы роторов турбогенераторов.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+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 <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	804	12	30	49	120	—			
ТУ 108.11.910–87	Закалка	—	—	Валы	636 <sup>1</sup>	735	15	30	49	—	—			
	Отпуск	—	—		636	735	16	40	78	—	—			
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Угол изгиба, град.	НВ			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда											
ТУ 108.11.889–87	Термообработанные			250	883 <sup>1</sup>	1010	12	30	39	—	—			
				300	784 <sup>1</sup>	930	13	35	39	—	—			
				300	735 <sup>1</sup>	883	13	35	49	—	—			
				350	686 <sup>1</sup>	834	14	35	49	—	—			
				350	588 <sup>1</sup>	735	14	40	49	—	—			
				350	490 <sup>1</sup>	657	14	40	54	—	—			

35ХНЗМФА		Механические свойства при комнатной температуре									
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCV, Дж/см <sup>2</sup>	$\sigma_{-1}$ , Н/мм <sup>2</sup>	K <sub>IC</sub> , Н/мм <sup>3/2</sup>
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ТУ 108.11.923-87	Закалка	—	—	Валы роторов	637 <sup>1</sup>	735	45	16	58,8	≥ 264	—
					666-813	764	45	16	58,8	≥ 304	—
					666-813 <sup>1</sup>	764	45	16	58,8	≥ 304	—
					637	735	50	17	68,6	≥ 264	≥ 4110
	Отпуск	—	—	Валы роторов	666-813	764	50	17	68,6	≥ 304	≥ 3921
					666-813 <sup>1</sup>	764	50	17	68,6	≥ 304	≥ 3921
					637	735	45	16	58,8	—	—
					666-813	764	45	16	49,0	—	—
					666-813 <sup>1</sup>	764	45	16	49,0	—	—
					637	735	45	16	58,8	—	—
Валы маховиков	—	—	Валы маховиков	637 <sup>1</sup>	735	45	16	58,8	≥ 264	—	
				637	735	50	17	68,6	≥ 264	≥ 4110	
				637	735	45	16	58,8	—	—	

<sup>1</sup> Образцы тангенциальные.

<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,68 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,6 (быстрорежущая сталь)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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.									НД		Температура критических точек, °С			
		Массовая доля элементов, %											Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Mn	Mk
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo <sup>1</sup>	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						
<sup>1</sup> По заказу потребителя сталь может изготавливаться с массовой долей Mo — 0,20–0,30%. Допускается легирование Ti до 0,08%, В до 0,005% и Y 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда													
ГОСТ 4543–71	Отжиг	—	—	Свыше 5	не менее					—	≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда													
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				
	Нормализация				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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда													
ГОСТ 23304–78	Закалка	850–880	Масло или вода	До 200	Болты и шпильки							241–311	685			
					20	686–853	784	15	40	59	—					
					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	Гайки, плоские подкладные шайбы, выпуклые и вогнутые сферические шайбы							—	—			
					20	637–804	686	15	40	59	229–277			640		
					350	490	—	—	—	—	—					
					20	686–853	784	14	40	59	241–311			685		
					350	539	—	—	—	—	—					
					20	784–951	882	14	40	59	262–331			785		
Закалка	850–880	Масло или вода	До 200	20	784–951	882	14	40	59	262–331	785					
				350	637	—	—	—	—	—						
				20	882–1078	980	11	35	59	277–352	880					
				350	735	—	—	—	—	—						
Отпуск	600–680	Воздух	До 200	20	784–951	882	14	40	59	262–331	785					
				350	637	—	—	—	—	—						
				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/см<sup>2</sup>, при этом на одном образце минимальное значение KCV — 41 Дж/см<sup>2</sup>. При испытании на тангенциальных образцах допускается снижение значений KCV на 25%.
2. Критическая температура хрупкости T<sub>k</sub> 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<sub>0,2</sub>, σ<sub>b</sub>, 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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<sub>k</sub>, не выше плюс 40°С. (T<sub>k</sub> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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<sub>b</sub>) и условного предела текучести (σ<sub>0,2</sub>) — 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<sub>b</sub>) и условного предела текучести (σ<sub>0,2</sub>) — 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 ( $HRC_s \geq 33,5$ ), 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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ТУ 108.11.889-87	Термообработанные			250	883 <sup>1</sup>	1010	12	30	39	—	—
				300	784 <sup>1</sup>	930	13	35	39	—	—
				300	735 <sup>1</sup>	883	13	35	49	—	—
				350	686 <sup>1</sup>	834	14	35	49	—	—
				350	588 <sup>1</sup>	735	14	40	49	—	—
				350	490 <sup>1</sup>	657	14	40	54	—	—
<sup>1</sup> Образцы тангенциальные.											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	765	11	32	44	—	120
					667-834	834	14	40	59	—	150
					667-834 <sup>1</sup>	834	10	30	44	—	120
<sup>1</sup> Образцы тангенциальные.											
<b>Назначение.</b> 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 допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ-7-008-89).											
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1, 4]			Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1, 4]				Термообработка			
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	- 20	- 40	- 60				
412	—	5·10 <sup>6</sup>	Закалка. Высокий отпуск. $\sigma_{0,2} = 1030$ Н/мм <sup>2</sup>	90	85	78	70	Закалка 850°C, масло. Отпуск 600°C, воздух			
500	—	2·10 <sup>7</sup>		Закалка 870°C, 1 ч, масло. Отпуск 700-720°C, 2 ч, $\sigma_b = 980$ Н/мм <sup>2</sup>	83	71	63		57	Закалка 850°C, масло. Отпуск 550°C, воздух	
<b>Механические свойства при различных температурах</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>отп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда							
[4]	Закалка Отпуск	850	Масло	30 <sup>2</sup>	1250	1330	13	52	70	—
				50 <sup>2</sup>	1210	1300	13	52	73	—
				200 <sup>2</sup>	1070	1150	13	40	80	—
				200 <sup>3</sup>	1210	1260	12	49	70	—
	Закалка Отпуск	850	Через воду в масло	80 <sup>2</sup>	1130	1190	14	52	84	—
				120 <sup>2</sup>	1110	1170	14	52	93	—
				160 <sup>2</sup>	1150	1200	13	50	88	—
				160 <sup>3</sup>	1160	1220	15	50	75	—
				240 <sup>2</sup>	1070	1130	13	50	85	—
				240 <sup>3</sup>	1070	1210	14	53	78	—

<sup>2</sup> Центр.<sup>3</sup> 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 <sub>в</sub> = 835 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Угол изгиба, град.	НВ		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
ТУ 108.1343–85	Термообработанные			Роторы без канала	588,4–755,1 <sup>2</sup>	706,1	15	40	78,45	120	—		
					588,4–755,1 <sup>1</sup>	706,1	15	40	78,45	150	—		
				Роторы с каналом	764,9–902,2 <sup>2</sup>	833,6	14	40	49	120	—		
					764,9–902,2 <sup>1</sup>	833,6	14	40	58,8	120	—		
Без термообработки	—	—		539,4–755,1 <sup>1</sup>	637,4	14	35	58,8	120	—			
ТУ 108.11.889–87	Термообработанные			250	883 <sup>2</sup>	1010	12	30	39	—			
				300	784 <sup>2</sup>	930	13	35	39	—			
				300	735 <sup>2</sup>	883	13	35	49	—			
				350	686 <sup>2</sup>	834	14	35	49	—			
				350	588 <sup>2</sup>	735	14	40	49	—			
				350	490 <sup>2</sup>	657	14	40	54	—			
<sup>1</sup> Образцы продольные.													
<sup>2</sup> Образцы тангенциальные.													
<b>Назначение.</b> Заготовки цельнокованых роторов, кованые заготовки для комплектующих деталей к роторам турбогенераторов.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка				Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка	
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>					+ 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 <sub>в</sub> = 850 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,5 (быстрорежущая сталь)				Чувствительна					
								Склонность к отпускной хрупкости					
								Мало склонна					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
<b>30ХНЗМ2ФА</b>		<b>Поковки — ОСТ 108.961.05–80, ТУ 108.1028–81.</b>											
<b>Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.961.05–80</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Угол изгиба, град	НВ					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее				
ОСТ 108.961.05–80	Закалка			Роторы, диски	687–834 <sup>1</sup>	834	12	35	59	120	—					
	Отпуск															
ТУ 108.1028–81	Закалка	850–870	Масло	Диски до 500	664–833 <sup>1</sup>	815	12	40	49	120	277–321					
	Отпуск	580–650	Печь или воздух													

<sup>1</sup> Образцы тангенциальные.**Назначение.** Роторы и диски паровых и газовых турбин.

<b>Прокаливаемость</b>			<b>Ударная вязкость, КСУ, Дж/см<sup>2</sup>, при t, °С</b>						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				

<b>Свариваемость</b>	<b>Обрабатываемость резанием</b>	<b>Флокеночувствительность</b>
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Необходимы подогрев и последующая термообработка.	В состоянии закалки и отпуска при ≤ 269 НВ и σ <sub>в</sub> = 850 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,5 (быстрорежущая сталь)	Сильно чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда											
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	—	—			
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>			Состояние стали		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	+ 20	0	– 20	– 40	– 50	– 80				
480	—	10 <sup>6</sup>	980	1020	100	—	60	—	80	71	Закалка 870°С, вода. Отпуск 200°С, масло			
500	—	10 <sup>6</sup>	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 σ <sub>в</sub> = 880 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,72 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>1</sup>	—	—	±0,10	+0,10	±0,05	—	+0,10	—	—	—	ТУ 108.11.934-87
<sup>1</sup> При выплавке методом ВДП, ±0,05% при выплавке остальными методами.													
Механические свойства при комнатной температуре													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
ГОСТ 5520-79	В термически обработанном состоянии			8-50	295	390-590 450-590 <sup>1</sup>	20	—	98	—	—		
<sup>1</sup> Значения верхнего предела σ <sub>в</sub> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Предел текучести <sup>1</sup> σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч						
		не менее		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>					
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						
<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ТУ 14–1–3409–82	В термически обработанном состоянии			Листы	20	294	392–588	20	—	98	—	—
	Нормализация	960–980	Воздух	6–50×								
	Отпуск	720–750	Воздух	1200–1700× 4000–7400	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
ТУ 14–3–866–79	Термически обработанные трубы бесшовные холоднодеформированные из стали марки 10X2M–ВД			φ <sub>н</sub> 12–33	20	245	392	20	—	—	—	—	
				толщина стенки 2,00 2,50 и 3,00	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Т <sub>к*</sub> , °C	КП
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ТУ 108.11.934–87	Термически обработанные поковки и листы			Листы	20	195	345	20	55	78,5	30	195
				50–150×	20	275	390	18	50	78,5	30	275
				1800–3000×	450	175	295	15	50	—	—	—
					450	245	345	15	45	—	—	—
				Поковки	510	140	255	16	61	—	—	—
				100–300	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>	Среда	t, °C	Скорость окисления, мм/год	Группа стойкости			
780–790	870–900	—	—	365–380	Перегретый пар Сл' — следы O <sub>2</sub> — до 0,1 мг/л	500 (v = 5 м/сек)	0,7	Малостойкая			
<sup>1</sup> 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 <sub>2</sub> — 0,04 мг/кг и хлоридов — 0,03 мг/кг. Давление 13 Н/мм <sup>2</sup>		300–350	—	0,001–0,003				
	Труба экономайзерной и переходной зоны парогенератора		Питательная вода с примесями O <sub>2</sub> — 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,5 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,4 (быстрорежущая сталь)				Слабо чувствительна			
								Склонность к отпускной хрупкости			
								Не склонна			

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>12Х2МФА (48ТС-2), 12Х2МФА-А</b>	<b>Лист — ТУ 108.131-86. Поковки — ТУ 108.131-86.</b>

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 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	T <sub>к</sub> , °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<sub>0,2</sub> 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
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Не склонна

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>15X2МФА (ТС–3–40), 15X2МФА–А</b>	
<b>Поковки — ТУ 108.11.906–87, ТУ 108.131–86. Лист — ТУ 108.11.906–87.</b>	

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 <sup>1</sup>
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		

<sup>1</sup> Допускаемые отклонения по химическому составу: С ± 0,01%, Mn, Si, V ± 0,05 каждого, Cr ± 0,10.

<sup>2</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>			HRC
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ТУ 108.11.906–87	Листовые заготовки				не менее							
					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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	T <sub>к</sub> , °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  $0^\circ\text{C}$ , 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  $20^\circ\text{C}$  и  $350^\circ\text{C}$  и ударную вязкость KCV при  $20^\circ\text{C}$  от трепанов, взятых в районе резбовых отверстий согласно схеме конструкторской документации. Результаты испытаний не являются сдаточными, но заносятся в сертификат.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$t$ , $^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	$T_k$ , $^\circ\text{C}$	НВ
	Операция	$t$ , $^\circ\text{C}$	Охлаждающая среда									
[10]	Закалка	ПС			20	Поковки, листы, плиты						
	Отпуск					$\leq 400$	431	568–735	—	50	79	—
	Закалка Отпуск	ПС		250	20	480	595	21	75	210	– 10	—
					350	423	501	16	73	266	—	—
			550	20	436	563	23	76	330	+ 5	—	
				350	388	486	16	73	320	—	—	
			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  $60^\circ$ .

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$t$ , $^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	$T_k$ , $^\circ\text{C}$	НВ
	Операция	$t$ , $^\circ\text{C}$	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, °С	$\sigma_{0.2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$KCU_2$ , Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП	
	Операция	t, °С	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°С, выраженное в Н/мм<sup>2</sup>.

**Назначение.** Днища корпуса реактора, корпус реактора, свариваемые детали с использованием специальных технологических приемов, другие детали толщиной до 400 мм, работающие при температуре до 350°С.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°С (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

Пределы ползучести [8, 9]				Влияние нагрева стали 15X2МФА на сопротивление хрупкому разрушению [9, 10]		
t, °С	Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч			t выдержки, °С	Длительность нагрева, ч	Сдвиг критической температуры
	1/10 <sup>4</sup>	1/3·10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>			
325	610	—	—	340	10000	0
325	—	550	—	400	10000	0
325	—	—	500			

Испытания на длительную прочность и ползучесть стали 15X2МФА проводились при температуре 325°С на базе 2000 ч. В этих условиях зависимость времени до разрушения от уровня приложенных напряжений не проявляется. При напряжении, близком к  $\sigma_b$ , 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 ( $\delta$  до 600 мм).

#### Технологические характеристики [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	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 <sup>2</sup> $K_v = 1,1$ (твердый сплав), $K_v = 0,8$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Не склонна

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>18X2МФА (48ТС-3), 18X2МФА-А</b>	<b>Лист</b> — ТУ 108.131-86. <b>Поковки</b> — 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 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	T <sub>K</sub> , °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<sub>0,2</sub> 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<sub>K</sub>), 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>4</sup>
[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 $\sigma_b \leq 585$ Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,8 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>	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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—				
<b>Назначение.</b> Крупные детали, изготавливаемые методом ЭШ, днища, обечайки, колонны гидропрессов, поковки для деталей, работающих под давлением.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка				Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>					+ 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 <sub>в</sub> = 600 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,5 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,1 (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна							
								Склонность к отпускной хрупкости							
								Не склонна							

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>												
<b>25X2М1Ф (ЭИ 723)</b>	<b>Поковки — ГОСТ 8479-70. Крепежные детали — ГОСТ 20700-75. Сортовой прокат — ТУ 14-1-552-72, ТУ 14-1-5037-91.</b>												

Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-5037-91										Температура критических точек, °С			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 8479-70	Нормализация	ПС		100-300	490	655	16	45	59	212-248	490
	Закалка	ПС		100-300	590	735	13	40	49	235-277	590
	Отпуск										
	Нормализация	ПС		До 100	685	835	13	42	59	262-311	685
	Закалка	ПС		100-300	685	835	12	35	49	262-311	685
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<sup>2</sup> при требуемом σ<sub>в</sub> менее 600 Н/мм<sup>2</sup>,

150 Н/мм<sup>2</sup> при требуемом σ<sub>в</sub> 600-900 Н/мм<sup>2</sup>,

200 Н/мм<sup>2</sup> при требуемом σ<sub>в</sub> более 900 Н/мм<sup>2</sup>.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 10<sup>4</sup>/σ<sub>в</sub> (Н/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_t$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время t, ч						$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			500	1000	2000	3000	8000	10000	
ГОСТ 20700–75	Нормализация	1030–1050	Воздух	500	300	—	—	—	175	—	165	780
		или		500	350	—	—	—	200	—	170	
	Отпуск	950–970	Воздух	525	250	150	145	136	130	115	108	
		680–700		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 <sup>2</sup> [1, 4]				Термообработка	НД	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1, 4]					Термообработка		
t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N			+ 20	0	– 20	– 40	– 60		– 80	
20	461	—	1·10 <sup>7</sup>	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 <sup>8</sup>		[5]	—	90	90	70	60	40		—
535	274	—	3·10 <sup>8</sup>										

НД	t, °C	Предел выносливости при изгибе, Н/мм <sup>2</sup>		N	Термообработка	Примечание
		$\sigma_{-1}$				
		Образец гладкий	Образец с надрезом R <sub>n</sub> = 0,5 мм и h = 1 мм			
[5]	20	470	260	—	3·10 <sup>7</sup>	Прутки. Продольные образцы. Симметричный цикл нагружения. Нормализация с 1050°C, 1 ч, воздух. Отпуск при 650°C, 6 ч, воздух. $\sigma_b = 1050$ Н/мм <sup>2</sup>
	100	400	210	—	3·10 <sup>7</sup>	
	200	390	260	—	3·10 <sup>7</sup>	
	300	400	170	—	3·10 <sup>7</sup>	
	400	390	210	—	1·10 <sup>8</sup>	
	500	360	220	—	(1–3)·10 <sup>8</sup>	
	535	280	170	—	(1–3)·10 <sup>8</sup>	
	575	270	190	—	(1–3)·10 <sup>8</sup>	
	535	350	290	—	(1–3)·10 <sup>8</sup>	После обработки роликами

## Механические свойства при повышенных температурах

НД	Режим термообработки			t <sub>исп.</sub> , °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup>												
					250							500	650	18	50	70	201
					200							600	750	16	50	60	241
				150	700	840	15	50	50	255							

<sup>1</sup> Температура отпуска для гаек выше, чем для шпилек, на 15–30°С.

<sup>2</sup> Для тангенциальных образцов допускается снижение  $\sigma_b$  и  $\sigma_{0,2}$  на 5%,  $\delta$  и КСУ на 25%,  $\psi$  на 20%; для радиальных образцов допускается снижение  $\sigma_b$  и  $\sigma_{0,2}$  на 10%,  $\delta$  и  $\psi$  на 35%, КСУ на 40%.

Механические свойства при различных температурах (образцы продольные)												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$t,$ °С	$\sigma_{0,2},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	
					1/10 <sup>5</sup>		
[5]	Нормализация	1030–1060	Воздух	550	210	(140)	70
	Отпуск	650–660, 5 ч					
	Нормализация	1030–1060	Воздух	550	180 <sup>1</sup>	—	70
Нормализация	950–970	Воздух					
Отпуск	650–670, 5 ч	Воздух					
Нормализация	1000–1020	Воздух	580	140	—	—	
Отпуск	660–670, 5 ч						Воздух

<sup>1</sup> Образцы с надрезом.

В скобках — экстраполированные значения.

25X2M1Ф (ЭИ 723)																
Релаксационная стойкость																
НД	Режим термообработки			t, °C	σ <sub>0</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение σ <sub>т</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , за время τ, ч							σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>			
	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								
<b>Коэффициент чувствительности к надрезу за 10<sup>4</sup> ч [6]</b>						<b>Жаростойкость [1, 4, 5]</b>										
~ 0,83 (при 550°C)						Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	Потеря массы, мг/см <sup>2</sup>	База испытаний, ч						
<b>Чувствительность к охрупчиванию при старении [6]</b>						Среда	550	0,51	4,6	100						
Время, ч	t, °C	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>														
Исходное состояние			62													
3000	550	65	Пар	550	0,25								6,9	300		
6000	550	63														
3000	575	66														
6000	575	111														
<b>Коррозионная стойкость [1]</b>																
Вид коррозии		Среда			t, °C	Длительность, ч		Балл стойкости								
Общая		Вода деминерализованная			350	1000		3								
Точечная		Вода, содержащая 200 мг/кг Cl <sup>-</sup>			320	1000		Подвержена								
Коррозионное растрескивание		Вода деминерализованная			320	1000		Не подвержена								
Межкристаллитная		Не определяется														
<b>Технологические характеристики [1]</b>																
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												
<b>Свариваемость</b>				<b>Обрабатываемость резанием</b>				<b>Флокеночувствительность</b>								
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка				В нормализованном и отпущенном состоянии при ≤ 300 НВ и σ <sub>н</sub> = 1050 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,25 (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна								
								<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>								
								Не склонна								

Марка стали		Вид поставки										Температура критических точек, °С			
10Х2МФБ (ЭИ 531), 12Х2МФБ (ЭИ 531)		Заготовка трубная коваяная — 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sup>1</sup>															
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				
<sup>1</sup> 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%.															
<b>Механические свойства при температуре испытаний</b>															
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t <sub>исп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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												
Отпуск	720–750	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.															
<b>Назначение.</b> 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			Время старения, $\tau$ , ч	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при $t$ , °С			НВ, при $t$ , °С			Термообработка	
$t$ , °С	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Термообработка	+ 20	+ 550	+ 600	+ 20	+ 550		+ 600
	1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>									
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 <sup>2</sup> ·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 $\geq 200$ НВ $K_v = 1,1$ (твердый сплав), $K_v = 0,8$ (быстрорежущая сталь)	Слабо чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>		Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч											
		не менее		1·10 <sup>5</sup>											
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.															
<b>Назначение.</b> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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°C после испытания на ползучесть													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	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, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>				
[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 <sup>4</sup> ч				Жаростойкость [1]									
—				Продукты сгорания топлива	t, °C	Глубина коррозии <sup>1</sup> , мм	База испытаний, ч						
Чувствительность к охрупчиванию при старении [1]				Экибастузский уголь	580	0,51	5000						
Время, ч	t, °C	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>			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			<sup>1</sup> Экстраполяция на 100000 ч.								
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		—			—	—	—						
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	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 <sup>2</sup> $K_v = 1,85$ (твердый сплав), $K_v = 1,18$ (быстрорежущая сталь)								

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>											
<b>10Х2М1ФБ (48ТН-2), 10Х2М1ФБ-ВД</b>	Лист — ТУ 14-1-3409-82, ТУ 108.11.934-87. <b>Поковки</b> — 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 <sup>1</sup>	—	—	±0,10	+0,10	±0,05	—	+0,10	—	—	—	ТУ 108.11.934-87

<sup>1</sup> При выплавке методом ВДП, ±0,05% при выплавке остальными методами.

Механические свойства												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 10Х2М1ФБ 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 10Х2М1ФБ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—		
				20	Листы						—	245	
					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><b>Назначение.</b> Корпусные детали и трубопроводы парогенераторов, работающие при температуре до 450°C.</p> <p>Максимальная допускаемая температура применения для деталей 500°C (ПНАЭГ–7–008–89).</p> <p>Сталь теплоустойчивая перлитного класса.</p>								
Температура критических точек, °C [14]					Жаростойкость			
Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn	Среда	t, °C	Скорость окисления, мм/год	Группа стойкости
780–790	870–900	—	—	365–380	Перегретый пар С <sub>l</sub> ' — следы	500 (v = 5 м/сек)	0,7	Малостойкая
Температура нагрева 975–980°C					O <sub>2</sub> — 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 <math>\sigma_b = 490 \text{ Н/мм}^2</math></p> <p><math>K_v = 1,5</math> (твердый сплав),</p> <p><math>K_v = 1,4</math> (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> при требуемом σ <sub>в</sub> менее 600 Н/мм <sup>2</sup> ,													
150 Н/мм <sup>2</sup> при требуемом σ <sub>в</sub> 600–900 Н/мм <sup>2</sup> ,													
200 Н/мм <sup>2</sup> при требуемом σ <sub>в</sub> более 900 Н/мм <sup>2</sup> .													
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HV	HB		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее	
[1]	Закалка	930–950	Масло или вода	До 60	880	1030	18	52	—	—	250–300		
				61–100	730	880	10	45	59	—			
				101–200	590	780	10	45	59	—			
	Отпуск	640–680	Воздух	Пруток До 60	880	1030	18	—	88	Поверхности 850–1050	Сердцевины 260–269		
					930–950	Масло или вода							
					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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[5]	Закалка	950	Масло	120	800	950	12	35	70	—	285
	Закалка	950	Масло	До 40	850	1000	10	40	70	—	228
Отжиг	820–850	С печью	25	300	700	25	60	120	—	216	

**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 <sup>2</sup> [1]			Термообработка	Прокаливаемость [1]
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		
441–470	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[4]	Закалка	930–940	Масло	Ø 10	800	Образец прокатанный и отожженный.						
						Отпуск	660, 5 ч	Воздух	длина	Скорость деформирования 20 мм/мин, скорость деформации 0,007 1/с		
	50	98	110	66	95					—	—	—
					900	66	84	57	97	—	—	—
					1000	39	49	66	98	—	—	—
				1100	22	32	77	100	—	—	—	
				1200	15	22	77	100	—	—	—	
Механические свойства стали при 20°C после длительного старения												
НД	Режим термообработки			Режим старения		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , ч							не менее
[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 <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			1/10 <sup>5</sup>						
[4]	Закалка	930–940	Масло	Образцы	450	100						
					Отпуск	660	Воздух	500	82			
	550	14										
Релаксационная стойкость [5]												
t, °C	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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 HB и $\sigma_b = 800$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,75$ (твердый сплав), $K_v = 0,55$ (быстрорежущая сталь)				Чувствительна					
							Склонность к отпускной хрупкости					
							Не склонна					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>														
<b>30X2ГМТ</b>		<b>Поковки</b> — НД заводов-изготовителей.														
<b>Массовая доля элементов, %</b>												<b>Температура критических точек, °С</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	W	Ti	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Температура нагрева 850°С.																

**Механические свойства при комнатной температуре**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>B</sub> = 835 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,60 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,45 (быстрорежущая сталь)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU <sub>-40</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>b</sub> = 700 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,95 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,35 (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна				
							Склонность к отпускной хрупкости				
							Не склонна				

Марка стали		Вид поставки														
12Х2НВФА		Лист тонкий — ГОСТ 11268–76.														
Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 11268–76											Температура критических точек, °С					
С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	W	Ti	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Температура нагрева 950°С.																
Механические свойства при комнатной температуре																
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда													
ГОСТ 11268–76	В умягченном или нормализованном состоянии			До 3,9	—	490–740	15 δ <sub>10</sub> 11	—	—	—	—					
	Закалка	910	Масло	До 3,9	—	1030	10	—	—	—						
	Отпуск	490–550	Воздух													
Примечания.																
1. Для листов толщиной до 0,9 мм включительно величина δ не нормируется.																
2. Для листов, поставляемых в нормализованном состоянии, допускается увеличение временного сопротивления на 49 Н/мм <sup>2</sup> при соблюдении норм по относительному удлинению.																
<b>Назначение.</b> Различные детали, изготавливаемые методом холодной штамповки.																
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка				Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>					+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 σ <sub>в</sub> = 1050 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,5 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,15 (быстрорежущая сталь)						Не чувствительна						
										Склонность к отпускной хрупкости						
										Не склонна						

<b>Марка стали</b> <b>15X2НМФА,</b> <b>15X2НМФА-А,</b> <b>15X2НМФА класс 1</b>	<b>Вид поставки</b>  <b>Поковки — ТУ 0893-013-00212179-2003 (взамен ТУ 108.765-78).</b>
---	---

**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 <sub>0,2</sub> ,	σ <sub>B</sub> ,	δ,	ψ,	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб
					Н/мм <sup>2</sup>	Н/мм <sup>2</sup>	%	%		
ТУ 0893-013-00212179-2003	А-А	Поковка	400	20	490	610	15	55	T <sub>K</sub> ≤ -25°C	—
				350	440	540	14	50		
	А	Лист (плита), листовая заготовка	400	20	490	610	15	55	T <sub>K</sub> ≤ -10°C	d=2a
				350	440	540	14	50		
		Поковка	400	20	490	610	15	55	T <sub>K</sub> ≤ -10°C	—
				350	440	540	14	50		
	Штампованная заготовка	400	20	490	610	15	55	T <sub>K</sub> ≤ 0°C	—	
			350	440	540	14	50			
			-10	—	—	—	—	39 <sup>1</sup>	—	
			-10	—	—	—	—	49 <sup>2</sup>	—	
	Б	Поковка	650	20	440	550	15	55	T <sub>K</sub> ≤ 0°C	—
				350	390	490	12	45		
				-10	—	—	—	—	34 <sup>1</sup>	—
				-10	—	—	—	—	34 <sup>2</sup>	—
		Лист (плита), листовая заготовка	400	20	440	550	15	55	T <sub>K</sub> ≤ 0°C	d=2a
				350	390	490	12	45		
				-10	—	—	—	—	34 <sup>1</sup>	—
				-10	—	—	—	—	34 <sup>2</sup>	—
	Штампованная заготовка	400	20	440	550	15	55	T <sub>K</sub> ≤ 0°C	—	
			350	390	490	12	45			
			-10	—	—	—	—	34 <sup>1</sup>	—	
			-10	—	—	—	—	34 <sup>2</sup>	—	
	В	Поковка	400	20	490	610	15	55	59	—
				350	440	540	14	50		
-10				—	—	—	—	39 <sup>1</sup>	—	
-10				—	—	—	—	39 <sup>2</sup>	—	
Лист (плита), листовая заготовка		400	20	490	610	15	55	59	d=2a	
			350	440	540	14	50			
			-10	—	—	—	—	39 <sup>1</sup>	—	
			-10	—	—	—	—	39 <sup>2</sup>	—	
Штампованная заготовка		400	20	490	610	15	55	59	—	
			350	440	540	14	50			
			-10	—	—	—	—	39 <sup>1</sup>	—	
			-10	—	—	—	—	39 <sup>2</sup>	—	

<sup>1</sup> Значение ударной вязкости KCV при σ<sub>0,2</sub> менее 540 Н/мм<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Значение ударной вязкости KCV при σ<sub>0,2</sub> = 540-590 Н/мм<sup>2</sup>.

## 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/мм<sup>2</sup>,  $\sigma_{0,2} \geq 490$  Н/мм<sup>2</sup>,  $\delta \geq 10\%$ ,  $\psi \geq 55\%$ ,  $KCV \geq 36$  Дж/см<sup>2</sup>; при 350°C  $\sigma_B \geq 540$  Н/мм<sup>2</sup>,  $\sigma_{0,2} \geq 440$  Н/мм<sup>2</sup>,  $\delta \geq 9\%$ ,  $\psi \geq 50\%$ . 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [1]		Термообработка	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]					Термообработка	Марка стали
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+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 <sup>7</sup> 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
		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 <sup>2</sup> $K_v = 1,18$ (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 <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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	—	—
<sup>1</sup> Сумма содержания серы и фосфора не более 0,035%.													
Механические свойства при комнатной температуре													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Угол изгиба, град.	НВ		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
ТУ 108-995-81	Закалка I	910–920	Вода	До 1800	520–687 <sup>2</sup>	657	16	45	59	150	270		
	Закалка II	880–890	Вода										
	Отпуск	630–650	С печью до 400°С, далее на воздухе									520–687 <sup>3</sup>	657
ТУ 108.1082-82	Закалка	—	—	—	520–687 <sup>3</sup>	657	14	40	59	120	270		
	Отпуск	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
<sup>2</sup> Образцы продольные.													
<sup>3</sup> Образцы тангенциальные.													
Назначение. Диски и хвостовики сварных роторов паровых турбин тепловых и атомных электростанций.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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				Обрабатываемость 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 <sub>B</sub> = 650 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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						
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				
ТУ 108.13.32–88	Закалка Отпуск	—	—	801–1100	490	655	11	30	39	—	212–248				
				1101–1500	490	655	10	30	34	—	248–293				
<b>Назначение.</b> Шестерни, валы, муфты, оси и другие крупные особо ответственные детали, зубчатые колеса, торсионные валы, гребные винты, роторы турбин.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка				Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>					+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 <sub>в</sub> = 930 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>ν</sub> = 0,6 (твердый сплав), K <sub>ν</sub> = 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, °C					
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	W	Ti	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	КП	НВ					
	Операция	t, °C	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 <sup>1</sup>																
Диаметр заготовки, мм		σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>		σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>		δ, %		KCU, Дж/см <sup>2</sup>		Термообработка						
16		1000		1300		9		40		Закалка 870°C, масло. Отпуск 580°C, 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								
<sup>1</sup> Образцы вырезались из центра заготовки.																
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>			Состояние стали				Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C				Сечение, мм	Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N					+ 20	0	– 40	– 50						
363	—	5·10 <sup>6</sup>	σ <sub>0,2</sub> = 880 Н/мм <sup>2</sup>				137	—	129	122	30	Закалка 860°C, масло. Отпуск 560°C, вода				
							144	—	138	112	50					
							150	—	93	85	80					
300	—	5·10 <sup>6</sup>	σ <sub>0,2</sub> = 520 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>B</sub> = 720 Н/мм <sup>2</sup>				144	—	76	73	120					
							66	—	34	—	200					
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	1200–800								Медленное							
Свариваемость				Обработываемость резанием						Флокеночувствительность						
Не применяется для сварных конструкций.				В отожженном состоянии при 210 НВ и σ <sub>B</sub> = 650 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,6 (быстрорежущая сталь)						Чувствительна						
										Склонность к отпускной хрупкости						
										Не склонна						

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>													
<b>40X2H2MA (40X1HBA)</b>		<b>Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. Поковки — ГОСТ 8479–70.</b>													
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71</b>											<b>Температура критических точек, °С</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo <sup>1</sup>	V	W	Ti	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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	—	—
<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+20	0	–20	–40	–60	–80	
520	—	10 <sup>6</sup>	Закалка 890°С. Отпуск 580°С, вода. $\sigma_{0,2} = 1080$ Н/мм <sup>2</sup> ; $\sigma_b = 1200$ Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> ; $\sigma_b = 970$ Н/мм <sup>2</sup> ; $\delta_5 = 20\%$ ; $\psi = 61\%$

**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 <sup>2</sup> $K_v = 0,7$ (твердый сплав), $K_v = 0,4$ (быстрорежущая сталь)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Не склонна

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>												
<b>14X2H3MA</b>		<b>Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71.</b>												
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71</b>										<b>Температура критических точек, °C</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	N	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Температура нагрева 850°C.														

**Механические свойства при комнатной температуре**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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	Обработываемость резанием	Флокеночувствительность
Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и ЭШ. Необходимы подогрев и последующая термообработка.	В состоянии после закалки и отпуска при 269 HB и σ <sub>B</sub> = 980 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,6 (быстрорежущая сталь)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	t испытания, °С	НВ				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее			
ДЦ	Нормализация	850–870	Воздух	Поковки До 600 <sup>1</sup>	835	980	11	—	—	20	269–321				
	Отпуск	500–520	Печь		635	735	11	—	—	450	—				
	Закалка	850–870	Масло	Поковки До 600 <sup>1</sup>	980	1080	11	—	—	20	321–387				
					Отпуск	510–540	Печь или воздух	735	835	12	—	—	450–470	—	
	Отпуск	580–620	Печь	635	735	12	—	—	500	—	—				
Нормализация <sup>2</sup>	850–870	Воздух	Поковки До 1300	Не определяются						207–302					
<sup>1</sup> Образцы тангенциальные.															
<sup>2</sup> Режим термообработки для шевронных валов и других деталей.															
<b>Назначение.</b> Особо ответственные крупные детали контейнеров с высокими требованиями по механическим свойствам при повышенных температурах, шевронные валы и т.д.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 НВ K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда												
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 <sup>1</sup>	930	1180	10	50	78	Поверхности 58–62	Сердцевины 255–302				
	Отпуск	180–200	Воздух	—	—	—	—	—	—	—	—				
<sup>1</sup> Механические свойства сердцевины ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются.															
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80						
630	—	10 <sup>6</sup>	Закалка 860°С, масло. Закалка 780°С, масло. Отпуск 180°С. σ <sub>0,2</sub> = 1030 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>B</sub> = 1220 Н/мм <sup>2</sup> .	102	—	—	91	—	—	Закалка 850°С, масло. Отпуск 200°С, 1 ч. 39 HRC.					
421	—	10 <sup>6</sup>	Закалка 860°С, масло. Отпуск 180°С. σ <sub>0,2</sub> = 980 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>B</sub> = 1180 Н/мм <sup>2</sup> .	—	—	—	—	—	—	—					
519	—	10 <sup>6</sup>	Нормализация 920°С, воздух. Закалка 810°С, масло. Отпуск 200°С. σ <sub>0,2</sub> = 1140 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>B</sub> = 1350 Н/мм <sup>2</sup> .	34	—	—	25	—	—	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.					
676	—	10 <sup>6</sup>	Цементация 910°С. Закалка 790°С, масло. Отпуск 200°С. σ <sub>0,2</sub> = 930 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>B</sub> = 1180 Н/мм <sup>2</sup> .	—	—	—	—	—	—	—					
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 <sub>v</sub> = 1,25 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	835	1080	9	35	78	Поверхности 56–63	Сердцевины 321–420	
	Нормализация	900–920	Воздух									
	или закалка <sup>1</sup>	880–920	Масло									
	Отпуск	630–660	Воздух									
	Закалка	780–820	Масло									
	Отпуск	150–200	Воздух									
	Цементация	900–920	Воздух									До 50 <sup>2</sup>
Закалка	780–810	Масло										
Отпуск	180–200	Воздух										
<sup>1</sup> 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. <sup>2</sup> Механические свойства ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются.												
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]		Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]					Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>						+ 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 <sub>в</sub> = 880 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,72 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup> Отпуск	920–960 630–680	Воздух Воздух	—	590	780	—	60	—	—	197–269			
	Цементация Нормализация или Закалка <sup>2</sup> Отпуск (двойной)	920–950 900–950 900–950 630–650	Воздух Масло Воздух	До 80 <sup>3</sup>	1275	1375	12	—	88	Поверхности ≥ 56	Сердцевины 321–400			
<sup>1</sup> Режим для улучшения обрабатываемости резанием.														
<sup>2</sup> 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.														
<sup>3</sup> Механические свойства сердцевины ориентировочные и при изготовлении деталей не определяются.														
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>			Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C					Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N			+20	0	–20	–40	–60					
540	—	5·10 <sup>6</sup>	Закалка 850°C, масло. Отпуск 180°C. σ <sub>0,2</sub> = 1070 Н/мм <sup>2</sup> ; σ <sub>b</sub> = 1360 Н/мм <sup>2</sup>		143	—	134	130	114	Закалка 850°C, воздух. Отпуск 170°C, воздух				
475	—	5·10 <sup>6</sup>	Закалка 850°C, масло. Отпуск 400°C. σ <sub>0,2</sub> = 1140 Н/мм <sup>2</sup> ; σ <sub>b</sub> = 1220 Н/мм <sup>2</sup>											
540	228	5·10 <sup>6</sup>	σ <sub>b</sub> = 1270 Н/мм <sup>2</sup>											
470	226	5·10 <sup>6</sup>	σ <sub>b</sub> = 910 Н/мм <sup>2</sup>		108	—	—	88	—	Закалка 880°C, масло. Отпуск 560°C. σ <sub>b</sub> = 1310 Н/мм <sup>2</sup>				
696	—	—	σ <sub>0,2</sub> = 1110 Н/мм <sup>2</sup> ; σ <sub>b</sub> = 1230 Н/мм <sup>2</sup> ; 383 НВ											
774	—	—	σ <sub>0,2</sub> = 1180 Н/мм <sup>2</sup> ; σ <sub>b</sub> = 1300 Н/мм <sup>2</sup> ; 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 <sub>b</sub> = 880 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее				
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	—	—	—					
<b>Назначение.</b> Крупногабаритные шатуны, муфты и другие детали большой вязкости и прокаливаемости (для дизелестроения).																
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка						
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 <sub>b</sub> = 980 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,6 (быстрорежущая сталь)					Сильно чувствительна								
								Склонность к отпускной хрупкости								
								Мало склонна								

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>									
<b>25X2H4MФА</b>		<b>Поковки — ОСТ 108.961.05–80, ТУ 108.1029–81.</b>									
<b>Массовая доля элементов, %</b>											НД
С	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

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Угол изгиба, град.	КП
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		не менее или в пределах						
ОСТ 108.961.05–80	Закалка	910–920	Масло 120–150°С	Роторы							
	Закалка	880–890	Через воду в масле	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	804	14	45	59	150	—
	Закалка	880–890	Через воду в масло		667–834 <sup>2</sup>	785	12	40	49	120	—
	Отпуск	630–650	Печь								

<sup>1</sup> Продольные образцы.

<sup>2</sup> 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
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										не менее
ГОСТ 23304–78	После предварительной термообработки			Свыше 800	—	Не определяются					—	≤ 255	
ТУ 572–64	Нормализация <sup>1</sup>	890–910	Воздух	До 150 <sup>3</sup>	20	440	590	15	32	49	—	—	
	Отпуск	650–720	Воздух или печь	До 150 <sup>3</sup>	300	340	470	—	—	—	—	—	
	Закалка <sup>2</sup>	890–910	Масло	До 550 <sup>3</sup>	20	440	590	15	32	49	—	—	
	Отпуск	650–720	Воздух	До 550 <sup>3</sup>	300	340	490	—	—	—	—	—	
<sup>1</sup> Режим для свариваемых деталей.													
<sup>2</sup> Режим для несвариваемых деталей.													
<sup>3</sup> Образцы тангенциальные.													
<b>Назначение.</b> 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 HB и σ <sub>в</sub> = 530 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,5 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,1 (быстрорежущая сталь)				Мало чувствительна					
								<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>					
								Не склонна					

Марка стали		Вид поставки							
18Х3МВ (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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ					
	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  $\delta$  на 2 абс. %,  $\psi$  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  $\delta$  на 3 абс. %,  $\psi$  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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ																															
	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 <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1/10 <sup>4</sup>	
					1/10 <sup>5</sup>	
ГОСТ 20072- 74	Закалка	890-910	Масло	450	226	157
	Отпуск	660-680	Воздух	500	118	—
				550	74	—

18Х3МВ (ЭИ 578)

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t <sub>отп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 σ<sub>в</sub> = 680 Н/мм<sup>2</sup>  
K<sub>ν</sub> = 0,9 (твердый сплав),  
K<sub>ν</sub> = 0,5 (быстрорежущая сталь)

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>									
20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579), 20Х3МВФА		Сортовой прокат — ГОСТ 20072–74. Заготовки валов и роторов паровых турбин — ТУ 108.1029–81.									
<b>Массовая доля элементов, %</b>											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 <sup>1</sup>
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 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Массовая доля S в стали, выплавленной методом ЭШП, должна быть не более 0,015%.

<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ <sup>1</sup>
	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

<sup>1</sup> 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  $\sigma_{100}$  не менее 343 Н/мм<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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:  $\sigma_{0,2}$ ,  $\psi$ , КСУ при температуре 20°C, проба на изгиб.
2. Категория прочности IV и V применяется при диаметре ( $\phi$ ) 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  $\geq 50$  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/мм<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [5]	Термообработка
		$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N			
[1]	20	314-333	—	10 <sup>7</sup>	Отжиг 950°C, нормализация 1100°C. Закалка 980-1020°C, масло. Отпуск 660-680°C, воздух	+ 20	
[5]	20	495	—	10 <sup>7</sup>	Диск, образцы тангенциальные гладкие; вид нагрузки — изгиб; $\sigma_b = 890$ Н/мм <sup>2</sup>	30	Отпуск 700°C, воздух
	550	290	—	10 <sup>7</sup>		57	Отпуск 700°C, вода
	600	285	—	10 <sup>7</sup>	45	Отпуск 700°C, охлаждение со скоростью 10°C/ч	
	20	478	—	10 <sup>8</sup>	Ротор, образцы продольные гладкие; вид нагрузки — изгиб; $\sigma_b = 760$ Н/мм <sup>2</sup>	42	Отпуск 700°C, воздух + 450°C, 2 ч, охлаждение со скоростью 10°C/ч
	550	243	—	10 <sup>8</sup>		34	Отпуск 700°C, воздух + 500°C, 2 ч, охлаждение со скоростью 10°C/ч
	600	230	—	10 <sup>8</sup>	35		Отпуск 700°C, воздух + 550°C, 2 ч, охлаждение со скоростью 10°C/ч
	20	320	—	10 <sup>7</sup>		Ротор, образцы тангенциальные гладкие от бочки; вид нагрузки — изгиб при вращении; $\sigma_b = 730$ Н/мм <sup>2</sup>	Состав стали: 0,17% C; 0,28% Cr; 0,41% W; 0,43% Mo; 0,85% V. Цилиндрические образцы с круговым надрезом; R <sub>n</sub> = 1,0 мм и h = 1 мм.
	20	350	—	10 <sup>7</sup>	Ротор, образцы тангенциальные гладкие от бочки; вид нагрузки — кручение; $\sigma_b = 730$ Н/мм <sup>2</sup>		Пределы текучести и временного сопротивления [1]
20	235	—	10 <sup>7</sup>	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>		$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	Тип изделия и размер
20	160	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
[5]	Закалка Отпуск	1050 680, 10 ч	Масло Воздух	Пруток <sup>1</sup> 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	—	
					600	415	435	22	82,5	140	—	
	Нормализация Отпуск	1050 680, 10 ч	Воздух Воздух	Пруток <sup>1</sup> 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	—	
					600	535	545	16,5	70,5	120	—	
	Закалка Отпуск	1050 700	Масло Воздух	Образцы <sup>2</sup>	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	—	
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 <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
[5]	Нормализация Закалка Отпуск	1050 1000 670	Воздух Масло Печь до 150°С	Поковка <sup>3</sup>	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	—						

<sup>1</sup> Состав стали: 0,21% С; 2,72% Cr; 0,32% W; 0,42% Mo; 0,55% V.

<sup>2</sup> Состав стали: 0,22% С; 2,97–3,10% Cr; 0,35% W; 0,36–0,47% Mo; 0,60–0,70% V.

<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда	t, °С	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч						
[5]	Закалка	1050	Масло	—	—	—	761	891	12,8	49,3	50	—
				450	260	1570	839	948	10,6	26,6	32	—
	Отпуск	700	Воздух	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	—	—

20ХЗМВФ (ЭИ 415, ЭИ 579), 20ХЗМВФА												
Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения												
НД	Режим термообработки			Режим старения		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , при 20°C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч							
			1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>						
[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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Длительная прочность	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч
[5]	ПС			Продольное	20	Основной металл (плиты)					—	—
						680	800	16	59	80		
				Поперечное	20	680	800	17	62	88	—	—
						Отпуск			Продольное	20	710	830
	350	610	680	11,9	54,8						—	—
	470	620	670	13,2	57,8						—	—
				Поперечное	20	720	840	16	61	97	—	—
						Отпуск (после сварки)			По зоне	20	Сварное соединение (электроды ЦЛ-30)	
	650	800	11,5	58	93							
	350	580	650	10,2	56,7						—	—
				Вдоль шва	20	600	750	16,8	61,5	—	—	—
						ПС			—	20	Наплавленный металл (электроды ЦЛ-30)	
	Отпуск			—	20						—	—
						Отпуск			—	20	—	—
	Отпуск			—	20						—	—
Отпуск						—	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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>					
Исходное состояние							44
10000	500	73					
10000	550	49					
5000	600	73					

Коррозионная стойкость [1, 9]			
Вид коррозии	Среда	t, °C	Длительность, ч
Общая	Вода деминерализованная	300	1000
Точечная	Вода деминерализованная	300	1000
Коррозионное растрескивание	Вода деминерализованная	300	1000
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 <sup>2</sup> $K_v = 0,8$ (твердый сплав), $K_v = 0,4$ (быстрорежущая сталь)	Ас <sub>1</sub>	Ас <sub>3</sub>	Аг <sub>1</sub>	Аг <sub>3</sub>
		800–830	900–950	680–700	790–800

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>25Х3МФА (48ТС-4), 25Х3МФА-А</b>	<b>Лист — ТУ 108.131-86. Поковки — ТУ 108.131-86.</b>

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 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	T <sub>к</sub> , °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<sub>0,2</sub> 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 обечак активной зоны.

6. Для обечак активной зоны производится определение критической температуры хрупкости (T<sub>к</sub>), 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
		Склонность к отпускной хрупкости		800–830	900–950	680–700	790–800
Не применяется для сварных конструкций	В закаленном и отпущенном состоянии при $\leq 300$ НВ K <sub>1</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>2</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка				Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>					+ 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 <sub>B</sub> = 1000 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,45 (быстрорежущая сталь)						Чувствительна					
										Склонность к отпускной хрупкости					
										Склонна					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
<b>15X5M (12X5MA, X5M)</b>		<b>Трубы — ГОСТ 550–75. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Сортовой прокат — ГОСТ 20072–74.</b>											
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 20072–74</b>									<b>Температура критических точек, °C</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
≤ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в*}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 550–75	Термически обработанные горячедеформированные трубы			$\phi$ 57–219 <sup>1</sup> s 4–25	216	392	22	50	118	—	≤ 170
	Термически обработанные холоднодеформированные и тепलोдеформированные трубы			$\phi$ 20–57 <sup>1</sup> s 2–5	216	392	22	—	—	—	≤ 170

<sup>1</sup> 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/мм<sup>2</sup>;  $\sigma_{т}$  — 412 Н/мм<sup>2</sup>;  $\delta$  — 16%;  $\psi$  — 65%; KCU — 98 Дж/см<sup>2</sup> и твердостью не более 235 HB.

2. Для труб высшей категории качества  $\sigma_{в}$  должно быть не менее 421 Н/мм<sup>2</sup> для горячедеформированных труб и 412 Н/мм<sup>2</sup> 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<sub>n</sub> — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в*}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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, подсадочной 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]					Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+20	0	–25	–40	–60		–80
—	—	—	281	291	306	288	—	—	Нормализация с 1000°C + отпуск при 700°C, воздух Отжиг при 860°C, охлаждение с печью
—	—	—	245	253	222	136	—	—	

15X5M (12X5MA, X5M)																
Механические свойства при повышенных температурах																
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{B_s}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—					
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{B_s}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч									
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>								
ГОСТ 20072–74	Нормализация	950–980	Воздух	480	177	147	103	69								
	Отпуск	840–880	Воздух	540	98	74	65	39								
Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>													
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 $\leq 170$ НВ и $\sigma_s = 390$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 2,1$ (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.									
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 20072–74</b>											
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		
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_n$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—
<b>Пределы длительной прочности и ползучести</b>											
НД	Режим термообработки			t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>			
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			
<b>Назначение.</b> 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.											
<b>Коэффициент чувствительности к надрезу за 10<sup>4</sup> ч</b>				<b>Жаростойкость</b>							
—				Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч				
<b>Чувствительность к охрупчиванию при старении</b>				Окалиностойкая до 600°C							
Время, ч	t, °C	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>									
Исходное состояние			—								
—			—								
<b>Коррозионная стойкость</b>											
Вид коррозии		Среда		t, °C	Длительность, ч	Балл стойкости					
Общая		Вода деминерализованная		300	1000	1					
Точечная		Вода деминерализованная		300	1000	Подвержена					
Коррозионное растрескивание		—		—	—	—					
Межкристаллитная		—		—	—	—					
<b>Технологические характеристики</b>											
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					
<b>Свариваемость</b>					<b>Обрабатываемость резанием</b>						
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 <sup>2</sup> $K_v = 2,0$ (твердый сплав), $K_v = 1,9$ (быстрорежущая сталь)						

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
15Х6СЮ		Трубы, прутки — НД заводов-изготовителей.											
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72</b>													
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	
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее	
	Отжиг	840-860											
	Нормализация	950		—	245	441	20	40	—	—	—		
	Отпуск	760											
<b>Назначение.</b> Детали котельных установок, работающие при повышенной нагрузке и температуре до 750°C, трубы.													
Сталь жаростойкая.													
<b>Чувствительность к охрупчиванию при старении</b>					<b>Жаростойкость</b>								
Время, ч		t, °C		КСУ, Дж/см <sup>2</sup>		Среда		t, °C		Скорость коррозии, мм/год		База испытаний, ч	
Исходное состояние				—		Приближается к жаростойкости стали 03Х8СЮЦ (ЭП 889)							
—		—		—									
<b>Коррозионная стойкость</b>													
Вид коррозии			Среда			t, °C		Скорость коррозии, мм/год		Балл стойкости			
Общая			Высокая коррозионная стойкость в продуктах переработки нефти										
Точечная													
Коррозионное растрескивание													
Межкристаллитная													
<b>Технологические характеристики</b>													
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		—											
<b>Свариваемость</b>						<b>Обрабатываемость резанием</b>							
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ						В состоянии поставки при $\sigma_b = 450$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 1,25$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ		
	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 Свыше 1,50 До 1,50 Свыше 1,50	—	640	15	—	—	—	—		
	отожженная				—	740	10	—	—				
	нагартованная				—	740	—	—	—				
ДЦ	Нормализация	810–830	Воздух	Образцы	430	735	9	30	—	—	—		
	Закалка	800–820	Масло		Не определяются						56–62	—	
	Отпуск	160–200	Воздух	До 20	1225	1470	5	10	—	44–48	—		
	Закалка <sup>1</sup>	800–820	Масло										
	Отпуск	340–380	Воздух	Не определяются						44–48	—		
	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											
<sup>1</sup> Режим термообработки пружин.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+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												
Свариваемость			Обрабатываемость резанием						Флокеночувствительность				
Не применяется для сварных конструкций. КТ – без ограничений.			В закаленном и отпущенном состоянии при 240 НВ и σ <sub>b</sub> = 840 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,85 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,80 (быстрорежущая сталь)						Мало чувствительна				
									<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>				
									Склонна при содержании Mn ≥ 1,0%				

Марка стали		Вид поставки							Температура критических точек, °С			
40ХФА		Сортовой прокат — ГОСТ 4543–71. Поковки — ГОСТ 8479–70.										
Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 4543–71												
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 4543–71	Отжиг	860–880	С печью	Свыше 25	не менее					—	≤ 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	—	—
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	КП
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 8479–70	Закалка	ПС		До 100	540	685	15	45	59	223–262	540
				100–300	540	685	13	40	49	223–262	540
	Отпуск			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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
[1]	Закалка	850–880	Масло	Образцы	не менее					Поверхности 54–58	—
	Отпуск	650–680	Воздух		Не определяются						
	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 <sup>2</sup> [1]		Термообработка	Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч						
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1/10 <sup>6</sup>		1/10 <sup>7</sup>				
[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 $\leq 241$ НВ и $\sigma_b = 600$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,75$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [4]		Термообработка	Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [4]					Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup> , $\sigma_b = 1630$ Н/мм <sup>2</sup> , 485 НВ	—	—	31	—	—	—	
725	—	Закалка с 850°С в масле, отпуск при 500°С. $\sigma_{0,2} = 1430$ Н/мм <sup>2</sup> , $\sigma_b = 1570$ Н/мм <sup>2</sup>	—	—	37	—	—	—	
333	—	Закалка, отпуск. $\sigma_b = 690$ Н/мм <sup>2</sup>	—	—	67	—	—	—	
392	—	Закалка, отпуск. $\sigma_{0,2} = 830$ Н/мм <sup>2</sup> , $\sigma_b = 980$ Н/мм <sup>2</sup> , 241 НВ	—	—	67	—	—	—	
372	—	Закалка, отпуск. $\sigma_b = 870$ Н/мм <sup>2</sup>	—	—	67	—	—	—	

## Механические свойства при температуре испытания

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t <sub>исп</sub> , °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
[4]	Закалка Отпуск	850 640	Масло Воздух	—	20	840	940	22	62	—	—
					200	820	910	16	62	—	—
					300	750	830	20	59	—	—
					400	710	830	16	62	—	—
					500	420	500	26	74	—	—
					600	—	380	30	87	—	—
	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	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 <sub>отп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч									
		1/10 <sup>3</sup>			1/10 <sup>4</sup>			1/10 <sup>5</sup>			
[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 НВ и σ <sub>в</sub> = 920 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,75 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>				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 ( $\sigma_b$ ) в мотке для проволоки марки А не должен превышать 74 Н/мм<sup>2</sup>.
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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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										Воздух	
	Закалка <sup>1</sup>	860–870	Масло или вода	—	Не определяются					—	364–410		
Отпуск	480–500	Воздух											
<sup>1</sup> Режим термообработки рессор.													
<b>Назначение.</b> Пружины и рессоры, применяемые в автомобилестроении, тракторостроении, железнодорожном транспорте и других отраслях машиностроения.													
Сталь склонна к обезуглероживанию.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+20	0	-20	-30	-40	-50			
421	294	Закалка с 880°С в масле, отпуск при 400–460°С, σ <sub>s</sub> = 1274 Н/мм <sup>2</sup> .			—	—	—	—	—	—	—		
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 <sub>v</sub> = 0,65 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	1270 <sup>1</sup>	6 <sup>1</sup>	25 <sup>1</sup>	—	—	—		
	Отпуск	470	Воздух										
	Закалка	870	Масло		1375 <sup>2</sup>	1570 <sup>2</sup>	6 <sup>2</sup>	20 <sup>2</sup>	—	—	—		
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										
<sup>1</sup> Механические свойства для стали 60C2.													
<sup>2</sup> Механические свойства для стали 60C2A.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 30	– 60	– 70				
490 <sup>1</sup>	294 <sup>1</sup>	Закалка с 860°C в масле, отпуск при 550°C, σ <sub>b</sub> = 1380 Н/мм <sup>2</sup>		37 <sup>1</sup>	—	—	30 <sup>1</sup>	27 <sup>1</sup>	—	Закалка 860°C, масло. Отпуск 425°C, воздух			
637 <sup>2</sup>	—	Закалка. Отпуск 420°C, σ <sub>b</sub> = 1810 Н/мм <sup>2</sup>		39 <sup>2</sup>	—	—	—	—	34 <sup>2</sup>	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		На воздухе			
Заготовка	1200–800												
Свариваемость		Обрабатываемость резанием						Флокеночувствительность					
Не применяется для сварных конструкций.		В горячекатаном состоянии при 270–320 НВ и σ <sub>b</sub> = 1100 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,70 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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										
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 <sub>в</sub> = 1100 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,70 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 термообработанная									—	≤ 285		
	Закалка	835–865	Масло	Образцы	1665	1860	5	20	—	—	—		
Отпуск	390–450	Воздух											
Назначение. Высоконагруженные пружины.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 <sub>b</sub> = 1860 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,26 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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			
С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 14959–79	Закалка	870	Масло	До 80	1325	1470	6	25	—	—	—
	Отпуск	470	Воздух								

## Примечания.

1. Нормы относительного сужения даны только для круглых образцов.

2. Термическую обработку производят на образцах, предназначенных для механических испытаний.

3. При испытании прутков диаметром или толщиной свыше 80 до 150 мм допускается уменьшение относительного удлинения ( $\delta$ ) на 2 абс. %, относительного сужения ( $\psi$ ) на 5 абс. % по сравнению с нормами, указанными в таблице.

Для прутков диаметром или толщиной свыше 150 мм допускается уменьшение относительного удлинения ( $\delta$ ) на 3 абс. %, относительного сужения ( $\psi$ ) 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.

4. 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [4]		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+20	0	–25	–40	–60	–80	
540	—	Закалка в масле, отпуск при 400°С. $\sigma_{0,2} = 1830$ Н/мм <sup>2</sup> , $\sigma_b = 1980$ Н/мм <sup>2</sup> , 495 НВ	—	—	—	—	—	—	—
568	—	Изотермическая закалка с выдержкой при 290°С. $\sigma_{0,2} = 1720$ Н/мм <sup>2</sup> , $\sigma_b = 1950$ Н/мм <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—
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 <sub>отп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Относительное напряжение (σ <sub>0</sub> – σ <sub>1</sub> )/σ <sub>0</sub> · 100%								НВ								
[24]	250	1600	2,2								—								
	350	1620	2,2								—								
	450	1400	3,4								—								
σ <sub>0</sub> = 0,8 σ <sub>0,2</sub> ; σ <sub>1</sub> — 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 <sub>в</sub> = 1860 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,26 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HV	Группы прочности ленты			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда											
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											
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	—			+ 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						Флокочувствительность					
Не применяется для сварных конструкций.			В состоянии закалки и отпуска при σ <sub>b</sub> = 1860 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,26 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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			
С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni <sup>1</sup>	Mo	Ti	Cu <sup>1</sup>	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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
<sup>1</sup> Сумма Cu и Ni ≤ 0,50%.													
Механические свойства при комнатной температуре													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
ГОСТ 801–78	Отжиг	790–810	Печь <sup>2</sup>	—	Не определяются						—	179–207	
	Закалка	820–860	Масло	—							58–62	—	
	Отпуск	150–160	Воздух	—							—		
ДЦ	Отжиг	800	Печь <sup>2</sup>	—	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	—									
<sup>2</sup> Охлаждение с печью до 730°С, от 730 до 650°С охлаждение со скоростью 10–20°С/ч, далее на воздухе.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
					+ 20	0	– 20	– 25	– 40	– 50			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				88	—	—	69	64	—	Закалка 830°С, масло.		
333	—	Отжиг. 192 HB.									Отпуск 150°С, воздух.		
804	—	Закалка с 830°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	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 <sub>в</sub> = 730 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,90 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>1</sup>	Cu <sup>1</sup>	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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	—	
<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup> , мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее или в пределах
ГОСТ 801–78	Отжиг	790–810	Печь <sup>3</sup>	—	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 <sup>3</sup>	—	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	—	
<sup>2</sup> 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.												
<sup>3</sup> Охлаждение с печью до 730°C, от 730 до 650°C охлаждение со скоростью 10–20°C/ч, далее на воздухе.												
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]			Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80			
559	—	4 × 10 <sup>7</sup>	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 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 <sub>b</sub> = 730 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,90 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,36 (быстрорежущая сталь)			Чувствительна						
						Склонность к отпускной хрупкости						
						Склонна						

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
<b>95X18</b> <b>(9X18, ЭИ 229)</b>		Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75.											
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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	Флокочувствительность
Не применяется для сварных конструкций.	В отожженном состоянии при 212–217 HB и $\sigma_B = 700$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,86$ (твердый сплав), $K_v = 0,35$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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		76,0						
	800	0,010	5000		23,3		89,0						
	900	0,020	5000		24,8		108,1						
Продукты сгорания природного газа: 15% CO <sub>2</sub> , 10% H <sub>2</sub> O, 0,15% SO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> – остальное	700	0,010	5000	900	27,0		126,6						
	800	0,012	5000										
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 <sub>в</sub> = 500 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,2 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
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 $\delta$ на 2 абс. %, $\psi$ 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 $\delta$ на 3 абс. %, $\psi$ 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.											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[20]	Нормализация	1030–1050	Воздух	5–25	Образцы поперечные						
	Отпуск	680–700	Воздух		220	400	20	50	100	—	—
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[20]	Нормализация	1050	Воздух	20	600	734	14	73	—	—	
	Отпуск	700	Воздух	500	350	480	12	78	—	—	
				600	197	354	20	91	—	—	
Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , 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 окалинообразования 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					Обрабатываемость резанием						
Трудно свариваемая. Способ сварки: РД. Необходимы подогрев и последующая термообработка					В отожженном состоянии при $\sigma_b = 400$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 1,0$ (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			
С	Мп	Cr	S	P	Mo	V	Nb	Ni	Si	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	не менее	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
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
<b>Назначение.</b> 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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>										
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 <sup>-</sup> и 0,3–6,0 мг/кг O <sub>2</sub>		350	3000		1						
Точечная		—		—	—		—						
Коррозионное растрескивание		42% Mg Cl <sub>2</sub>		154	500		Трещин не обнаружено.						
		25% NaCl + 0,5% K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		200	500								
		Вода, содержащая 200 мг/кг Cl <sup>-</sup> и 0,3–6,0 мг/кг O <sub>2</sub>		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 <sub>b</sub> ≥ 490 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>r</sub> = 2,27 (твердый сплав), K <sub>r</sub> = 2,20 (быстрорежущая сталь)							

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>										
<b>10X9B2MФБР-Ш</b>		<b>Трубная заготовка (слиток) — ТУ 14-136-349-2008. Трубы горячедеформированные — ТУ 14-3P-55-2001.</b>										
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-136-349-2008</b>							<b>Температура критических точек, °С</b>					
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sup>1</sup>						
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						
<sup>1</sup> Содержание бора в стали указано «по расчету».												
Способ выплавки: открытый + электрошлаковый (Ш).												

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	50 <sup>2</sup>	49 <sup>2</sup>	—	≤ 255
	Отпуск	730-760	Воздух	s 9,0-75,0			19 <sup>3</sup>	55 <sup>3</sup>	59 <sup>3</sup>		

<sup>2</sup> Образцы продольные.

<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup> , при t, °С				Термообработка	Пределы длительной прочности <sup>4</sup>		
					t, °С	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , 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
					<sup>4</sup> В соответствии с ТУ 14-3P-55-2001.		

<b>Технологические характеристики</b>		
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 <sub>в</sub> ≥ 620 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,4 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sup>1</sup>							
0,06–0,08	1,80–2,20	0,40–0,60	0,18–0,25	≤ 0,015	0,03–0,07	0,005							
<sup>1</sup> Содержание бора в стали указано «по расчету».													
Способ выплавки: открытый + электрошлаковый (Ш).													
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
ДЦ	Закалка	1030–1070	Воздух	ø 10–425	450	630	17 <sup>2</sup>	50 <sup>2</sup>	49 <sup>2</sup>	—	≤ 255		
	Отпуск	740–780	Воздух				s 2,0–75,0	19 <sup>3</sup>	55 <sup>3</sup>			59 <sup>3</sup>	
<sup>2</sup> Образцы продольные.													
<sup>3</sup> Образцы поперечные.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> , при t, °С				Термообработка	Пределы длительной прочности <sup>4</sup>								
					t, °С	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч							
– 40	– 20	0	+ 20	Закалка на воздухе с 1030–1050 °С, отпуск — 3 часа при 750–770 °С. Образцы поперечные	600	1·10 <sup>5</sup>							
77	92	139	164		620	150							
					620	120							
					650	80							
<sup>4</sup> Данные ЦНИИТМАШ.													
<b>Технологические характеристики</b>													
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 НВ и σ <sub>в</sub> ≥ 630 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,4 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,5 (быстрорежущая сталь)					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>									
40X9C2 (4X9C2, ЭСХ 8)		Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75.									
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72</b>								<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 5949–75	Отжиг	850–870	Воздух	До 60 <sup>1</sup>	440	740	15	35	—	—	—

<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [4]	τ <sub>-1</sub>	Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , 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 <sub>0,2</sub> = 1590 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 1630 Н/мм <sup>2</sup> , 485 HB	—	—	—	—	—	—	—
725	—	Закалка с 850°С в масле, отпуск при 500°С. σ <sub>0,2</sub> = 1430 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 1570 Н/мм <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—

<b>Механические свойства при повышенных температурах</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—		

40Х9С2 (4Х9С2, ЭСХ 8)							
Пределы ползучести							
НД	t, °С	Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч					
		1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>6</sup>			
[4]	425	197	67	—			
	500	—	—	98			
	550	27–32	10–14	—			
	600	—	—	25			
Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> ч			Жаростойкость [1]				
—			Среда	t, °С	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч	
Чувствительность к охрупчиванию при старении [1]			Окалиностойкая до 800°С				
Время, ч	t, °С	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>					
Исходное состояние		—					
Сталь склонна к отпускной хрупкости после длительной выдержки при 475°С							
Свойство	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , и твердость, НВ, при t отпуска, °С [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, °С	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 <sup>2</sup> $K_v = 0,8$ (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, °С				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 5949–75	Закалка	1010–1050	Воздух или масло	До 60 <sup>1</sup>	735	930	10	35	20	—	197–269
	Отпуск	720–780	Масло								
<sup>1</sup> Для стали диаметром или толщиной свыше 60 до 100 мм допускается снижение δ на 1%, ψ на 5%, KCU на 4,9 Дж/см <sup>2</sup> ; свыше 100 до 150 мм – δ на 3%, ψ на 10%, KCU на 9,8 Дж/см <sup>2</sup> .											
<b>Назначение.</b> 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 <sup>4</sup> ч							
Среда	t, °С	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч								
Окалиностойкая до 800°С				Чувствительность к охрупчиванию при старении							
				Время, ч				t, °С		KCU, Дж/см <sup>2</sup>	
				Исходное состояние						29	
				1000				500		17	
				3000				500		29	
5000				500		16					
Свойство	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , и твердость, НВ, при t отпуска, °С						Термообработка				
	+ 200	+ 300	+ 400	+ 500	+ 600	+ 700					
Ударная вязкость	39	—	—	—	—	58					
Твердость	555	540	570	545	400	250					
Технологические характеристики											
Температурные параметры ковки, °С			Свариваемость				Обрабатываемость резанием				
1150–850			Трудно свариваемая. Способ сварки: РД. Необходимы подогрев и последующая термообработка.				В термообработанном состоянии при σ <sub>n</sub> = 930 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>r</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—
<b>Назначение.</b> В гидротурбостроении для литых и сварно-витых рабочих колес и в виде облицовки.											
Усталостная прочность, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 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 испытании, 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 магнитоэлектрическом вибраторе. Амплитуда колебаний 0,07 мм, частота колебаний 8100 Гц.				Испытания проводились на магнитоэлектрическом 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 <sup>3</sup>		Температура перегрева над ликвидусом, °C		Объемная усадка, см <sup>3</sup>	
				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											
15X11MФ (1X11MФ)		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ag <sub>1</sub>	Ag <sub>3</sub>
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	—	—
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
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.													
<b>Пределы длительной прочности и ползучести</b>													
НД	Режим термообработки			t, °С	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , (неразрушающее напряжение) за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч						
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>					
ГОСТ 5949-75	Закалка	1050	Воздух	550	196	147–167	—	88					
	Отпуск	740	Воздух										
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
ГОСТ 18968–73	Нормализация или закалка	1050–1100	Воздух или 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 в отожженном состоянии из стали марок 15X11MФ и 15X11MФ–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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\delta$ ) на 1% и относительного сужения ( $\psi$ ) на 5% по сравнению с указанными в таблице, а также ударной вязкости на 4,9 Дж/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>		1/10 <sup>5</sup>
ГОСТ 20700– 75	Закалка	1060–1100	Воздух или масло	550	160–210	130–160	90	
	Отпуск	680–750	Воздух	565	(140–165) <sup>1</sup>	—	—	

<sup>1</sup> В скобках даны экстраполированные значения.

15X11MФ (1X11MФ)		Механические свойства при комнатной температуре									
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0.2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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<sub>y</sub>, Н/мм<sup>2</sup> не ограничено), шайбы с предельной температурой среды до 580°C (условное давление P<sub>y</sub>, Н/мм<sup>2</sup> не ограничено).

Сталь жаропрочная мартенситного класса, обладает высокой деформационной способностью и коррозионной стойкостью.

**Предел выносливости, Н/мм<sup>2</sup> [3]**

t, °C	Вид образца				N	Термообработка
	Гладкий		С надрезом			
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		
550	250	—	170	—	10 <sup>8</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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		продольные образцы	800	900	14	60	50	—	
	Отпуск	675, 2 ч	Воздух									
	Отпуск	675, 5 ч	Воздух									
	Отпуск	675, 10 ч	Воздух			750	850	15	62	60	—	
	Отпуск	675, 25 ч	Воздух			690	830	15	62	75	—	
	Нормализация	1050–1100	Воздух			продольные образцы	650	780	17	62	100	—
	Отпуск	700, 2 ч	Воздух									
	Отпуск	700, 5 ч	Воздух									
	Отпуск	700, 10 ч	Воздух	760			860	15	60	70	—	
	Отпуск	700, 25 ч	Воздух	700			820	16	60	70	—	
	Нормализация	1050–1100	Воздух	продольные образцы			690	800	17	60	85	—
	Отпуск	725, 2 ч	Воздух									
	Отпуск	725, 5 ч	Воздух									
	Отпуск	725, 10 ч	Воздух		600		740	20	62	130	—	
	Нормализация	1050–1100	Воздух		продольные образцы		550	740	20	66	140	—
	Отпуск	740, 2 ч	Воздух									
Отпуск	740, 5 ч	Воздух										
Отпуск	740, 25 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , 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/мм<sup>2</sup>  
 $K_v = 0,82$  (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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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									
<sup>1</sup> Числитель – образцы продольные; знаменатель – образцы тангенциальные.												
<b>Назначение.</b> 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					
<b>Свариваемость</b>			<b>Обрабатываемость резанием</b>					<b>Температура критических точек, °C</b>				
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 <sup>2</sup> $K_v = 0,82$ (твердый сплав), $K_v = 0,5$ (быстрорежущая сталь)					Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
								—	—	—	—	

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	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 <sup>2</sup> Ø от 10 до 42 s от 2,0 до 12 <sup>3</sup>	392	588	18	—	—	—	255		
	Отпуск	750-780, ≥ 3 ч	Воздух		392 <sup>1</sup>	588 <sup>1</sup>	17 <sup>1</sup>	45 <sup>1</sup>	49 <sup>1</sup>	—	—		
<sup>1</sup> Образцы поперечные.													
<sup>2</sup> Горячедеформированные трубы.													
<sup>3</sup> Холоднодеформированные трубы.													
Пределы длительной прочности													
НД	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч											
		1·10 <sup>5</sup>											
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB		
	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>					
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , ч							
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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> $K_v = 1,4$ (твердый сплав), $K_v = 0,5$ (быстрорежущая сталь)							

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>									
<b>18X11МНФБ (2X11МФБН, ЭП 291)</b>		<b>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.</b>									

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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:

- 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\delta$ ) на 1% и относительного сужения ( $\psi$ ) на 5% по сравнению с указанными в таблице, а также ударной вязкости на 4,9 Дж/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч	Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч						
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда			1/10 <sup>5</sup>						
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда	t, °С	$\tau$ , 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 <sup>2</sup> $K_v = 0,95$ (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. Покówki — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>				1·10 <sup>5</sup>		
ГОСТ 20700-75	ПС			500 580-600	350 325				150 105		

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	50 <sup>1</sup>	59 <sup>1</sup>		
	Закалка Отпуск	1000-1020 540-590	Масло Воздух				13	45	88		

<sup>1</sup> Поперек волокна.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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								
	Отпуск	680	Воздух								
	Закалка	1000	Масло								
Отпуск	700	Воздух	Замок свыше 60	705-852	862	14	45	59	—	248-302	

**Назначение.** Болты, шпильки, пробки и хомуты с предельной температурой среды до 510°C и условным давлением  $P_y$ , Н/мм<sup>2</sup> — не ограниченном; гайки с предельной температурой среды до 540°C и условным давлением  $P_y$ , Н/мм<sup>2</sup> — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[4]				ø 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч	Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	Выносливость, Н/мм <sup>2</sup>		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда				$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N
[3]	Закалка	1000	Масло	20	—	—	510	—	10 <sup>7</sup>
	Отпуск	560–580	Воздух	400	850	—	—	—	
				450	730	580	500	—	10 <sup>7</sup>
				500	630	300	460	—	10 <sup>7</sup>
				550	440	200	430	—	10 <sup>7</sup>
				600	270	150	300	—	10 <sup>7</sup>
				625	250	—	—	—	—

## Пределы длительной прочности

Ударная вязкость, KCU, Дж/см<sup>2</sup>, при t, °C [1]

НД	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Термообработка					
		1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>4</sup>	+ 20	- 20	- 40	- 60	- 70	
[1]	500	568	—	—	—	—	—	13	Прутки. Закалка 1000°C, масло; отпуск 580°C, воздух. $\sigma_{0,2} = 1040$ Н/мм <sup>2</sup> ; $\sigma_b = 1200$ Н/мм <sup>2</sup> ; $\delta = 17\%$ ; $\psi = 67\%$
	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

## Обрабатываемость резанием

## Флокеночувствительность

Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ	В состоянии после отпуска при 380 HB и $\sigma_b = 850$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,8$ (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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
[1]	Закалка	820–840	Воздух	Образцы	1400	1500	10	50	50 <sup>1</sup>	—	—		
	Старение	480–520, 2–4 ч	Воздух		1700	1750	12	50	37	—	—		
<sup>1</sup> Свойства для стали с Ti — 0,6%.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , ч	t, °C	$\tau$ , ч						
[30]	ПС			500	3	Без старения		148	156	11	56	50	430
				500	3	150	1000	150	158	9	57	38	440
				500	3	150	10000	143	156	10	66	41	430
				500	3	200	1000	150	161	9	56	41	440
				500	3	200	10000	150	161	2	57	44	440
				500	3	300	1000	162	166	8	52	14	470
				500	3	300	10000	166	172	9	44	12	480
				500	3	350	1000	160	164	8	53	9	460
				500	3	350	10000	165	178	9	39	9	480
				500	3	400	1000	158	168	10	50	9	440
				500	3	400	10000	168	179	9	42	9	470
				500	3	450	1000	146	160	11	62	9	445
				500	3	450	10000	127	146	13	52	31	445
				500	3	500	1000	112	132	16	64	50	280
				500	3	500	10000	90	110	16	56	70	320
				500	3	550	1000	94	115	18	64	80	340
500	3	550	10000	69	98	18	59	100	300				

03X11H10M2T													
НД	Режим термообработки			Режим старения		Режим старения (дополнительный)		$\sigma_{0.2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
				t, °C	$\tau$ , ч	t, °C	$\tau$ , 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		

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>10X11H20T3P (ЭИ 696)</b>	<b>Сортовой и калиброванный прокат — ГОСТ 5949–75, ТУ 108.11.853–87. Крепежные детали — ГОСТ 23304–78.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	$\sigma_{дл.}$ , Н/мм <sup>2</sup>
	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	—	—	—	—	—

<sup>1</sup>  $\sigma_{100}$  — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—	—	
	Старение	700–750	Воздух		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  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_b$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
[16]	Закалка Старение			Прутки	20	не менее					80	—	
						Образцы продольные							
						600	1000	25	30	—			
						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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[1]	Закалка Старение	1160, 2 ч	Воздух	Пруток ø 14–16	20	570	1010	31	43	130	—
		700, 3 ч	Воздух		–196	770	1390	28	26	100	—
			–253		880	1440	10	10	90	—	
	Закалка Старение	1050, 1 ч 700, 3 ч	Воздух Воздух	Пруток ø 14–16	20	700	1200	34	57	72	—
					–196	—	1850 <sup>1</sup>	32	22,5 <sup>1</sup>	—	—
	–253	850	1700		21	18	65	—			
	Ковка Старение	700, 3 ч	Воздух	Пруток ø 14–16	20	790	1080	24	51	200	—
					–196	860	1410	39	25	160	—
	–253	1060	1550		14	13	140	—			
	Закалка Старение	950, 1 ч 700, 3 ч	Воздух Воздух	Пруток ø 16	20	600	1120	31	62	—	—
					–196	820	1600	64	62	—	—
	–253	—	—		—	—	160	—			
Закалка Старение	1000, 1 ч 700, 3 ч	Воздух Воздух	Пруток ø 16	–196	820	1600	62	50	—	—	
				–253	—	—	—	—	160	—	
–253	—	—		—	—	—	—	—			
Закалка Старение	1050, 1 ч 700, 3 ч	Воздух Воздух	Пруток ø 16	20	500	1050	36	50	—	—	
				–196	810	1580	59	37	—	—	
–253	870	1610		25	—	160	—				
Закалка Старение	1100, 1 ч 700, 3 ч	Воздух Воздух	Пруток ø 16	–196	720	1300	40	30	—	—	
				–253	800	1400	20	—	—	—	
–253	—	—		—	—	—	—	—			
Закалка Старение	1150, 1 ч 700, 3 ч	Воздух Воздух	Пруток ø 16	20	370	830	38	43	—	—	
				–196	610	1220	32	27	—	—	
–253	780	1320		18	—	120	—				
Закалка Старение	1100–1130, 1 ч 700–750, 3 ч	Воздух Воздух	Пруток ø 16	20	600	1000	25	30	800	—	
				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	—	—					

<sup>1</sup> Образцы с надрезом.

Механические свойства при различных температурах											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[16]	Закалка Холодная протяжка с обжатием	980, 2 ч	Вода 10–20%	Прутки шести- гранные для крепёжных деталей	20	650–	800–	20–	55–	150–	240–
						800	950	26	65	200	250
	Закалка Холодная протяжка с обжатием	980, 2 ч	Вода 10–20%		20	850–	900–	20–	45–	100–	310–
						900	1150	25	55	120	330
	Старение	750, 16 ч	Воздух		–196	1180	1600	43	29	80	—
						1150–	900–	20–	45–	800–	350–
	Закалка Холодная протяжка с обжатием	980, 2 ч	Вода 10–20%		20	1300	1010	25	52	900	370
						1590	1310	14	11,5	32	—
	Старение	750, 16 ч	Воздух		–196	—	—	—	—	—	—
						650, 16 ч	Воздух	—	—	—	—
	Закалка Холодная протяжка с обжатием	980, 2 ч	Вода 10–20%		20	680–	1150–	25–	56–	130–	300–
						750	1250	30	60	150	320
Старение	850, 2 ч	Воздух	–196	1180	1820	32	25	72	—		
				700, 16 ч	Воздух	—	—	—	—	—	
Закалка Холодная протяжка с обжатием	980, 2 ч	Вода 10–20%	20	900–	1200–	22–	50–	90–105	320–		
				950	1280	25	55	—	330		
Старение	750, 16 ч	Воздух	–196	1090	1790	35	25	93	—		
				650, 16 ч	Воздух	—	—	—	—	—	
Старение	830, 3 ч	Воздух	—	—	—	—	—	—	—		
				700, 16 ч	Воздух	—	—	—	—	—	
Закалка Холодная протяжка с обжатием	980, 2 ч	Вода 10–20%	20	680–	1000–	23–	28–	100–	260–		
				750	1100	26	35	120	290		
Старение	1100, 2 ч	Воздух	–196	880	1240	19	19	93	—		
				750, 16 ч	Воздух	—	—	—	—	—	

10X11H20T3P (ЭИ 696)

## Механические свойства при различных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	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%	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						

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>				Вид полуфабриката	Вязкость разрушения, Н/мм <sup>2</sup> ·м <sup>1/2</sup> , при t, °C [1]				Термообработка
	t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+20	0	–196	–253	
[1, 3]	500	370	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>7</sup>						
	700	280	—	10 <sup>7</sup>						
[16]	700	270	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>7</sup>						
	700	250	—	10 <sup>7</sup>						

10X11H20T3P (ЭИ 696)									
Пределы длительной прочности и ползучести									
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			1·10 <sup>2</sup>		1/10 <sup>2</sup>	
						Гладкий	С надрезом R <sub>n</sub> = 0,50 мм	Остаточная деформация	Общая деформация
[16]	Закалка	1100–1150, 2 ч	Воздух	Прутки	500	730	—	—	—
	Старение	700–750, 16 ч	Воздух <sup>1</sup>		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 <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Среда	t, °C	Увеличение массы, г/(м <sup>2</sup> ·ч)	База испытаний, ч		
		1·10 <sup>2</sup>							
[3]	500	730		Воздушная среда	800	0,56	100		
	550	650							
	600	590							
	650	480							
	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			
						—			

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>  Сортовой и калиброванный прокат — ГОСТ 5949–75. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75.
<b>10X11H23T3MP (10X12H22T3MP, ЭП 33, ЭИ 696М)</b>	

**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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	$\sigma_{дл.}$ , Н/мм <sup>2</sup>				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее			
												$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %
ГОСТ 5949–75	Закалка	1100–1170, 2–5 ч	Воздух или масло	До 60	20	590	880	8	10	29	—				
												Старение	750–800, 16–25 ч	Воздух	750
	Закалка	950–1050, 2–5 ч	Масло	До 60	600	685	980	10	12	29	569 <sup>2</sup>				
												Старение	730–780, 16 ч	Воздух	600
	Дополни- тельное старение	600–650, 10–16 ч	Воздух	600	685	980	10	12	29	569 <sup>2</sup>					

<sup>1</sup>  $\sigma_{100}$  — предел длительной прочности за 100 ч.

<sup>2</sup>  $\sigma_{50}$  — 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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее			
												$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %
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  $10^4/\sigma_b$  (Н/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	2,5·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>
ГОСТ 20700– 75	Отпуск	780, 16 ч	Воздух	500	—	475	
	Отпуск	650, 16 ч	Воздух	580	—	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[16]	Закалка	1160–1180, 2–8 ч	Воздух	Прутки;	20	680–700	950–1020	10–15 <sup>1</sup>	14–19	30	269–302
	Старение	750–780, 16–25 ч			500	640	900	9 <sup>1</sup>	14	—	—
					600	630	860	10 <sup>1</sup>	16	—	—
					700	590	710	11 <sup>1</sup>	17	—	—
					750	520	620	8 <sup>1</sup>	13	—	—
					800	390	460	17 <sup>1</sup>	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	—	—					

<sup>1</sup> Удлинение определено по расчетной длине  $\ell = 10d$ .

## Механические свойства при низких температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b^2$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	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
					–253	1140	1540	—	5	9	—
	Закалка	1120, 3 ч	Масло	90	–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	—

<sup>2</sup> Образец с надрезом. R<sub>n</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									в пределах			
[16]	Закалка	1120, 3 ч	Масло	Прутки;	20	750–950	1050–125	13–22	14–27	50–90	311–341				
					Старение	780, 16 ч	С печью до 620°C, 16 ч, далее воздух	поковки 90	500		—	950–1130	15–20	15–30	—
									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	—									
	Закалка	1000, 3 ч	Масло	Старение	750, 16–25 ч	С печью до 650°C, 10–16 ч, далее воздух	20	900–1030	1200–1300	18–26	20–40	45–80	341–385		
							500	—	1050–1200	13–20	20–40	—			
							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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	Длительная прочность									
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда							не менее или в пределах									
										t, °C	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч							
[16]	Закалка	1120, 3 ч	Масло	Поковки для дисков	20	750	1100	14	15	650	480 <sup>1</sup>	395 <sup>2</sup>							
					Старение	780, 16 ч	С печью до 620°C, 16 ч, далее воздух	Обод	—	—	—	—	650	480	361				
									Образцы тангенциальные	600	—	920	12	15	700	400 <sup>1</sup>	282 <sup>2</sup>		
										700	—	700	15	18	700	400	422 <sup>1</sup>		
										—	—	—	—	700	400	100			
	Закалка	1120, 3 ч	Масло	Полотно	Образцы радиальные	20	—	1140	10	12	650	480 <sup>1</sup>	375 <sup>2</sup>						
						Старение	780, 16 ч	Воздух	—	—	—	—	650	480	280 <sup>2</sup>				
									Старение	620, 10 ч	Воздух	600	—	920	15	19	700	400 <sup>1</sup>	326
												—	—	—	—	700	400 <sup>1</sup>	120–356 <sup>2</sup>	
						700	—	730	12	13	—	—	—						
						Старение	620, 10 ч	Воздух	Ступица	Образцы радиальные	20	765	1130	11	15	650	480	160 <sup>2</sup>	
											600	—	900	17	23	700	400 <sup>1</sup>	210 <sup>2</sup>	
	700	—	680	19	21						—	—	—						
	Обод	20	800–1050	1100–1300	15–25						17–32	500	900	110–153					
												550	700	100–322					
	Старение	650, 10–16 ч	Воздух	Образцы тангенциальные	500	—	1080	13	29	550	700 <sup>1</sup>	235							
					550	—	1080	13	30	600	600	77–200 <sup>2</sup>							
					600	—	1080	13	30	600	580 <sup>1</sup>	218							
Полотно					20	900	1100–1300	21	33	500	900	120–153							
										Образцы радиальные	400	—	1060	16	36	550	700	140 <sup>2</sup>	
											500	—	1050	15	33	—	—	—	
550	—	1050	15	36	—	—	—												
Ступица	20	900	1200	17	30	400	950	338–360 <sup>2</sup>											
						Образцы радиальные	400	—	1080	14	25	400	980	1644 <sup>2</sup>					
500	—	1060	14	32	600	600	94–275												

<sup>1</sup> Образец с надрезом. R<sub>n</sub> = 0,1 мм.

<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	Длительная прочность			
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда				Гладкие		С надрезом R <sub>n</sub> = 0,1 мм	С надрезом R <sub>n</sub> = 0,5 мм
							δ, %	τ, ч	τ, ч	τ, ч
[16]	Закалка	1120, 5 ч	Масло	Прутки; поковки	650	500	4,5–7	128–197	272–1762 <sup>1</sup>	—
	Старение	780, 16 ч	С печью до 620°C, 10–16 ч, далее воздух		700	400	5–18	108–461	380–1080 <sup>1</sup>	—
				90	750	300	15–30	115–221	—	—
	Закалка	1000, 3 ч	Масло		400	1000	—	280–383 <sup>1</sup>	—	—
	Старение	750, 16 ч	С печью до 650°C, 10–16 ч, далее воздух		400	980	—	1600 <sup>1</sup>	—	—
					500	900	3–8	100–370 <sup>1</sup>	100–369 <sup>1</sup>	—
					550	700	2,5–7	100–530 <sup>1</sup>	100–403 <sup>1</sup>	—
					600	600	2,5–9	100–383	93–330 <sup>1</sup>	—
					650	500	3–9	100–280	190–369 <sup>1</sup>	—
					700	360	20–25	100–300	—	—
	Закалка	1000, 3 ч	Масло		400	1000	—	1120 <sup>1</sup>	—	—
	Старение	780, 16 ч	С печью до 650°C, 16 ч, далее воздух		550	700	5–12	100–284 <sup>1</sup>	192–347 <sup>1</sup>	—
					600	600	5–18	60–116	145–180 <sup>1</sup>	—
					600	580	—	—	287–316 <sup>1</sup>	—
	Закалка	1170, 2 ч	Воздух		700	400	5–11	100–420 <sup>1</sup>	—	180–1200 <sup>1</sup>
	Старение	780, 16 ч	Воздух		750	300	10–25	100–268	—	—

<sup>1</sup> Образцы сняты до разрушения.

## Пределы ползучести

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			1/10 <sup>2</sup>	
						Остаточная деформация	
[16]	Закалка	1170–1180, 2 ч	Воздух	Прутки; поковки	500	≥ 600	
	Старение	775, 20 ч	Воздух		700	340	
				90	750	230–240	

t, °C	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [16]			Термообработка	Жаростойкость [16]			
	σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч
750	260	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>7</sup>					

10X11H23T3MP (10X12H22T3MP, ЭП 33, ЭИ 696М)												
Пределы длительной прочности												
НД	Режим термообработки			Сече- ние, мм	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч						
	Операция	t, °C	Охлаждаю- щая среда			1·10 <sup>2</sup>	3·10 <sup>2</sup>	5·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	2·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>2</sup>	
											С надрезом	
		R <sub>н</sub> =0,5 мм	R <sub>н</sub> =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 90	500 <sup>1</sup>	750	—	740	700	680	—	—
					600	600	—	—	—	—	—	—
					600 <sup>1</sup>	630	—	—	—	—	—	—
					650	490	—	390	370	350	—	—
					650 <sup>1</sup>	500	—	410	390	360	—	—
					700	400	—	320	300	280	—	—
					700 <sup>1</sup>	450	—	340	320	300	—	—
					750	238	—	190	—	—	—	—
					750 <sup>1</sup>	320	—	210	—	—	—	—
	Закалка	1160–1180, 2–8 ч	Воздух	Прутки;	500	670– 680	—	—	—	—	—	—
	Старение	775+5, 16 ч	Воздух	поковка 90	600	560– 570	—	—	—	—	—	—
					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 90	650	490– 500					490–500		
				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 90	550	700						700	
				600	600						600	

<sup>1</sup> 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									
12X12M2БФР (ЭП 450), 12X12M2БФР-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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>н</sub> 6,0, D <sub>вн</sub> 5,4, мерная длина 1000, 3000 D <sub>н</sub> 6,6, D <sub>вн</sub> 5,8, мерная длина 1850, 2500 D <sub>н</sub> 6,8, D <sub>вн</sub> 5,8-6,0, мерная длина 1850, 2500 D <sub>н</sub> 6,9, D <sub>вн</sub> 6,1, мерная длина 1850, 2500 D <sub>н</sub> 14,0, D <sub>вн</sub> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	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 <sub>обл</sub> =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 <sup>2</sup>	τ, ч	ε̇, %/ч	
[380]	Закалка	1050, 0,5 ч	Вода	650	80	6201	8/10 <sup>4</sup>	11
	Отпуск	720, 1 ч	Воздух		100	2033	4/10 <sup>3</sup>	18
					120	98	8/10 <sup>3</sup>	22
					650	140	392	1,18/10 <sup>2</sup>
	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 $\text{Cr}^{3+}$	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> . 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 Ш-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 <sup>2</sup> . 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> . 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	—	—	—
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> $K_v = 0,78$ (твердый сплав), $K_v = 0,45$ (быстрорежущая сталь)				Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
						—	—	—	—		

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>18Х12ВМБФР (ЭИ 993), 18Х12ВМБФР-III (ЭИ 993-III)</b>	<b>Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. Прутки и полосы — ТУ 14–1–552–72.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	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:

- 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.

**Пределы длительной прочности и ползучести**

НД	Режим термообработки			t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , (неразрушающее напряжение) за время испытания, ч	Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			
ГОСТ 5949–75	Закалка Отпуск (старение)	1050	Масло	560	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>
		650–700	Воздух	590	не менее	не менее
					196	137
					147	88

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 10<sup>4</sup>/σ<sub>b</sub> (Н/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
ГОСТ 20700-75	ПС			450	480	420	—	—
				500	360	310	—	—
				560	250	220	—	150

Релаксационная стойкость												
НД	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение σ <sub>т</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , за время τ, ч									σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>
			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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>					
[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 <sub>0</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение σ <sub>т</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , 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 Отпуск	1150 700, 3 ч	Масло Воздух	565	300	—	140	130	—	100
							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 <sub>b</sub> = 750 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,78 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,45 (быстрорежущая сталь)				Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>				
						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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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			
<b>Назначение.</b> Детали гидротурбин.													
Сталь коррозионно-стойкая мартенситно-ферритного класса.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]			Термообработка	Гидроабразивная стойкость (по сравнению со сталью марки 25) [1]									
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		Коэффициент износостойкости при абразивном износе, Σ		Коэффициент износостойкости при гидроабразивном износе, Σ <sub>r</sub>		Время, ч					
260	—	10 <sup>7</sup>		3,2		—		24					
			Закалка 950°С + отпуск 670°С	—		10,2		720					
Кавитационная стойкость <sup>1</sup> [1]				Кавитационно-коррозионная стойкость <sup>2</sup> [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						
<sup>1</sup> Испытания на магнитострикционном вибраторе.				<sup>2</sup> 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 <sub>v</sub> = 0,75 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,35 (быстрорежущая сталь)									

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>15X12ВНМФ</b> (ЭИ 802, ЭИ 952)	Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Прутки, полосы — ГОСТ 18968–73, ОСТ 108.020.03–82, 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>	
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 18968–73	Закалка	1010–1060	Масло	До 60	590–735	740	15	50	59	—	229–269
				От 61 до 100	590–735	740	14	45	54	—	229–269
	Отпуск	660–770	Воздух								

**Механические свойства при комнатной температуре (прутки, образцы цилиндрические)**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[5]	Закалка	1050	Масло	Прутки	20	510	690	18	57	70	—
	Отпуск	740	Воздух	200	430	590	16	50	110	—	
				Отпуск	740	Воздух	400	410	520	13	48
	Отпуск	740	Воздух				500	360	430	15	55
				Отпуск	740	Воздух	550	310	350	23	65
	Отпуск	740	Воздух				565	360	420	18	58
				Отпуск	740	Воздух	580	270	200	25	79
	Отпуск	740	Воздух				600	260	280	27	80
				Отпуск	740	Воздух	610	300	340	29	86

НД	t, °C	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]				Термообработка
		$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	- 20	- 40	- 60	
[1]	20	380 <sup>1</sup>	—	10 <sup>7</sup>	Закалка 1050°C, масло. Отпуск 700-720°C. $\sigma_{0,2}$ = 690 Н/мм <sup>2</sup> ; $\sigma_b$ = 510 Н/мм <sup>2</sup>	47-147	57	67	62	Диск $\phi$ 750-1020 мм, высотой 300 мм. Поковка ротора $\phi$ 1140 мм. Закалка 1050°C, масло. Отпуск 720°C. $\sigma_{0,2}$ = 600-650 Н/мм <sup>2</sup> ; $\sigma_b$ = 750-810 Н/мм <sup>2</sup> (образцы тангенциальные)
	20	168 <sup>2</sup>	—	10 <sup>7</sup>						
[5]	450	340 <sup>1</sup>	—	10 <sup>5</sup>	Пруток. Продольные образцы. Закалка 1050°C, масло. Отпуск 700-720°C, воздух	47-147	57	67	62	
	450	285 <sup>1</sup>	—	10 <sup>6</sup>						
	450	270 <sup>1</sup>	—	10 <sup>7</sup>						
	450	265 <sup>1</sup>	—	10 <sup>8</sup>						
	550	270 <sup>1</sup>	—	10 <sup>7</sup>						
580	240 <sup>1</sup>	—	10 <sup>7</sup>							

<sup>1</sup> Образцы гладкие.

<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	
[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 <sub>0</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение σ <sub>r</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,6 (быстрорежущая сталь)	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
		800–810	860–880	—	—

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>20X12ВНМФ (ЭП 428)</b>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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						
Отпуск	680–720	Воздух	—	—	—	—	—	—	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 (HB) ниже твердости шпильки, болта.
4. Предельная температура среды для болтов, шпилек, пробок, хомутов и гаек до 560°C при условном давлении P<sub>y</sub> (Н/мм<sup>2</sup>) не ограниченном; для шайб — до 580°C при условном давлении P<sub>y</sub> (Н/мм<sup>2</sup>) 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<sup>4</sup>/σ<sub>b</sub> (Н/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>1</sup>		230	180	150	140	125	—		
		350 <sup>1</sup>	250	195	170	160	140	—	

<sup>1</sup> После повторных нагружений через 50–10000 ч.

В скобках даны экстраполированные значения.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ ,	$\sigma_b$ ,	$\delta$ ,	$\psi$ ,	KCV,	НВ	КП	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			Н/мм <sup>2</sup>	Н/мм <sup>2</sup>	%	%	Дж/см <sup>2</sup>			
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  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_b$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	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								

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{B_s}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup> [1, 2]

Термообработка

Коэффициент чувствительности к надрезу за 10<sup>4</sup> ч [2]

$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	Термообработка	Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> ч [2]
314–412	—	10 <sup>7</sup>		

## Пределы длительной прочности и ползучести

НД	Режим термообработки			t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	
[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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_\tau$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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

## Обрабатываемость 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 <sup>2</sup> $K_v = 1,1$ (твердый сплав), $K_v = 0,6$ (быстрорежущая сталь)	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
		800–810	860–880	—	—

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b> 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , 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 <sub>b</sub> = 539 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,75 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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			
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]			Среда	Термообработка	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N			+ 20	0	– 20	– 40	– 60		– 80			
466	—	10 <sup>7</sup>	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 <sub>3</sub> ВО <sub>3</sub> , 0,02 г/кг КОН, 0,05 мг/кг Сl <sup>-</sup>				20	1000		1						
					100	1000		1						
					350	1000		1						
Точечная	Борированная вода: 10 г/кг Н <sub>3</sub> ВО <sub>3</sub> , 0,02 г/кг КОН, 0,05 мг/кг Сl <sup>-</sup>				20	1750		Питтингов нет						
					100	1750								
					—	1750								
Коррозионное растрескивание	42% Mg Сl <sub>2</sub>				154	24		Разрушение через 24 ч при напряжении выше σ <sub>0,2</sub>						
					Вода, содержащая 200 мг/кг Сl <sup>-</sup> , 0,3–6,0 мг/кг О <sub>2</sub>		350	1100		Разрушение через 600–1100 ч				
					Борированная вода: 10 г/кг Н <sub>3</sub> ВО <sub>3</sub> , 0,02 г/кг КОН, 0,05 мг/кг Сl <sup>-</sup>		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 <sub>b</sub> = 590 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>r</sub> = 1,3 (твердый сплав), K <sub>r</sub> = 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    825-845    —    —    250-280    70-110							
Al	Cr	Ni	Mo	V									
≤ 0,02	11,5-12,25	2,50-3,00	1,50-2,00	0,25-0,40									
Механические свойства при комнатной температуре													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
ТУ 24.11.015-90 <sup>1</sup>	Закалка	1040-1060	Масло	400	780-950	885	15	45	59	—	285		
	Отпуск	560-580	Печь										
ТУ 24.11.015-90 <sup>2</sup>	Закалка	1040-1060	Масло	400	828-1000	1035-1138	15	45	128	—	321-352		
	Отпуск	530	Печь										
	Отпуск	550	Печь										
<sup>1</sup> Сталь 10X12H3M2ФА(Ш).													
<sup>2</sup> Сталь 10X12H3M2ФА-А(Ш).													
<b>Назначение.</b> 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 <sub>2</sub> - 15,7% H <sub>2</sub> O - 4,3% CO <sub>2</sub> - 3,4% SO <sub>2</sub> - 0,03% N <sub>2</sub> - 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 <sub>IC</sub>		Термообработка		Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С				Термообработка					
МПа·м <sup>1/2</sup> / Н/мм <sup>3/2</sup>				+ 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 <sub>в</sub> = 885 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,55 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,28 (быстрорежущая сталь)				—							
						Склонность к отпускной хрупкости							
						Не склонна							

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>								
<b>37X12H8Г8МФБ (ЭИ 481)</b>		<b>Сортовой прокат — НД заводов-изготовителей.</b>								
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72</b>										
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

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка	Технологическая пластичность деформированного металла с открытой выплавки, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [5]								Термообработка
			$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	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 <sup>2</sup>	Предел выносливости, $\sigma_{-1}$ , Н/мм <sup>2</sup> , при симметричном и ассиметричном циклах нагружения N [5]					
		10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	3,5·10 <sup>7</sup>	3,5·10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч								Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч		
	1·10 <sup>2</sup>	2·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	5·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>3</sup>	5·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	0,2/10 <sup>2</sup>	0,2/(2·10 <sup>2</sup> )	0,1/10 <sup>4</sup>
400	700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	650	600	—	—	—	—	—	—	250	—	—
550	—	—	440	400	390	—	—	—	—	—	380
600	450	430	340	310	300	280 <sup>1</sup>	255 <sup>1</sup>	240 <sup>1</sup>	220	210	340
650	370	320	250	220	210	210 <sup>1</sup>	210 <sup>1</sup>	170 <sup>1</sup>	175	170	240
700	310	280	230	190	180	—	—	—	158	155	165
750	220	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<sup>1</sup> Образцы с надрезом. R<sub>n</sub> = 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 <sup>2</sup> ·ч)	Глубина окисления, мм	Группа стойкости
					за 1 год	
Вакуумная среда	700–750	—	—	—	—	Устойчива
	700	—	—	0,06	—	—
Газовая смесь: 75% N <sub>2</sub> + 17,5% O <sub>2</sub> + 4% CO + 0,5% SO <sub>2</sub> + 6% H <sub>2</sub> 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<sub>v</sub> = 0,4 (твердый сплав),  
K<sub>v</sub> = 0,2 (быстрорежущая сталь)

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>							
<b>08X13 (0X13, ЭИ 496)</b>		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.							
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72</b>						<b>Температура критических точек, °С [1]</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 0,08	≤ 0,80	≤ 0,80	≤ 0,025	≤ 0,030	12,0-14,0	730	850	700	820

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 5949-75	Закалка	1000-1050	Масло	До 60 <sup>1</sup>	410	590	20	60	98	—	116-179
	Отпуск	700-800	Масло								

<sup>1</sup> 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/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> 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/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 14,7 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и более. Свойства стали диаметром и стороной квадрата более 100 мм допускается проверять на перекованных пробах.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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<sub>0,2</sub> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 9941-81	В состоянии поставки термообработанные			$\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 18968- 73	Нормализация или закалка	1000-1050	Вода	До 60 <sup>2</sup>	410	580	20	60	98	—	187-217
	Отпуск	660-770	Воздух								

<sup>2</sup> Для сечения диаметром или толщиной 61-100 мм допускается понижение  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. %, а также понижение КCU на 4,9 Дж/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>	—	588	20	—	—	—	187-217
	Отпуск	660-770	Воздух								

<sup>3</sup> Для прутков толщиной более 60 мм допускается снижение относительного удлинения ( $\delta$ ) на 1%.

## Механические свойства прутков при испытаниях цилиндрических образцов

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. % по сравнению с указанными в таблице, а также КCU на 4,9 Дж/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ОСТ 108.020. 03-82	Закалка	1000	Масло	Замок до 60 <sup>4</sup>	411	588	20	60	98	—	187-217
	Отпуск	720	Воздух								

<sup>4</sup> Для заготовок лопаток с толщиной замковой части более 60 мм допускается понижение  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. % от табличного значения и КCU на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме 68,6 Дж/см<sup>2</sup> и более.

<b>08X13 (0X13, ЭИ 496)</b>											
<p><b>Назначение.</b> Лопатки паровых турбин, клапаны, болты, трубы с длительным сроком службы при температурах до 500°C, бандажи, 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.</p>											
<b>Пределы длительной прочности</b>				<b>Ударная вязкость, КСУ, Дж/см<sup>2</sup>, при t, °C [4]</b>			<b>Термообработка</b>				
НД	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		- 20	- 40	- 60					
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>								
[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				
<b>Механические свойства при различных температурах испытаний</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[4]	Закалка	1000–1020	Вода	Лист 20	20	не менее или в пределах					
		Отпуск 680–700, 12 ч	Воздух			Образцы поперечные					
	275–350					460–510	25–37	73–80	235–323	148–156	
	275–295					430	28–29	77–79	353	—	
	245–275					400–420	27–29	75–78	333–372	—	
	235–275					380–400	22–27	73–77	333–363	—	
	215–255					340–370	23–26	71–79	343–363	—	
	195–245					310–320	23–30	72–77	323–343	—	
	185–225					215–285	26–37	73–84	294–323	—	
	Отжиг	680–780	Воздух или с печью			Пруток 20	20	285	480	36	84
400				210	350		30	82	—		
500				160	290		40	85	—		
600				105	170		51	92	—		
<b>Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки</b>											
НД	Режим термообработки			Тепловая выдержка		σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	τ, ч						
[4]	Лист.			Без тепловой выдержки		не менее или в пределах					
	Закалка	1000–1020		450	5000	314–353	500–510	29–31	73–75	235–284	—
	Отпуск	680–700, 12 ч				310	490	35	74	227	—
<b>Коэффициент чувствительности к надрезу за 10<sup>4</sup> ч [1]</b>				<b>Жаростойкость [1]</b>							
1,0				Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч				
<b>Чувствительность к охрупчиванию при старении [1]</b>											
Время, ч		t, °C	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>		Окалиностойкая до температуры 800°C						
Исходное состояние		245–285									
5000	450	225									
<b>Коррозионная стойкость [1, 7]</b>											
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									
<b>Технологические характеристики [1]</b>											
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										
<b>Свариваемость</b>			<b>Обрабатываемость резанием</b>			<b>Флокеночувствительность</b>					
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 <sub>b</sub> = 588 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,4 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,7 (быстрорежущая сталь)			—					
						<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>					
						Склонна при температурах 400–500°C					

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>12X13 (1X13)</b>	<b>Лента</b> — ГОСТ 4986–79. <b>Лист тонкий</b> — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–2186–77, ТУ 14–1–3620–83. <b>Сортовой прокат</b> — ГОСТ 5949–75. <b>Лист толстый</b> — ГОСТ 7350–77. <b>Трубы</b> — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81. <b>Проволока</b> — ГОСТ 18143–72. <b>Прутки</b> — ГОСТ 18907–73, ГОСТ 18968–73, ГОСТ 19442–74. <b>Поковки</b> — ГОСТ 25054–81, ОСТ 108.958.04–85. <b>Заготовки лопаток турбин</b> — ОСТ 108.020.03–82, ОСТ 108.020.123–78. <b>Трубная заготовка</b> — ТУ 14–1–565–84.

**Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72**

**Температура критических точек, °С [1]**

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_4$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 5949–75	Закалка	1000–1050	Воздух или масло	До 60 <sup>1</sup>	410	590	20	60	88	—	121–197
	Отпуск	700–790	Воздух								

<sup>1</sup> Для сечения диаметром или толщиной свыше 60 до 100 мм допускается понижение  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. %, KCU на 4,9 Дж/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и более. Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм —  $\delta$  на 3 абс. %,  $\psi$  на 10 абс. %, KCU на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 14,7 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 7350–77	Отжиг по режиму изготовителя			г/к 4–50	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 9940-81	В состоянии поставки термообработанные			$\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 9941-81	В состоянии поставки термообработанные			$\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 18907-73	Термообработка на заданную прочность			$\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 18968-73	Нормализация или закалка	1000-1050	Воздух или масло	До 60 <sup>2</sup>	440-610	620	20	60	78	—	192-229
	Отпуск	660-770	Воздух		540-705	670	16	60	59	—	207-241

<sup>2</sup> Для сечения диаметром или толщиной 61-100 мм допускается понижение  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. %, а также понижение KCU на 4,9 Дж/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> 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/мм<sup>2</sup> 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/мм<sup>2</sup>.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>	—	617-784	20	—	—	—	187-229
	Отпуск	660-770	Воздух								

<sup>3</sup> Для прутков толщиной более 60 мм допускается снижение относительного удлинения ( $\delta$ ) 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. % по сравнению с указанными в таблице, а также КСУ на 4,9 Дж/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ОСТ 108.020.03-82	Закалка	1030	Масло	Замок до 60 <sup>4</sup>	441-637	617	20	60	78	—	192-229
	Отпуск	720	Воздух								
	Закалка	1030	Масло	Замок до 60 <sup>4</sup>	539-686	686	15	50	58	—	217-255
	Отпуск	670	Воздух								

<sup>4</sup> Для заготовок лопаток с толщиной замковой части более 60 мм, допускается снижение  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. % от табличного значения и КСУ на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме 68,6 Дж/см<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>					Состояние стали	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [4]			Термообработка
	$\sigma_{-1}$	$\sigma_{-1b}$	$\sigma_{-1z}$	$\tau_{-1}$	N		+20	-20	-40	
[4]	363	—	—	—	10 <sup>7</sup>	$\sigma_b = 590$ Н/мм <sup>2</sup> $\sigma_b = 640$ Н/мм <sup>2</sup>	108-216	138	98-127	Закалка 990-1050°C, масло. Отпуск 740-750°C
	—	—	—	186	10 <sup>7</sup>					
[36]	—	≥ 220	≥ 170	≥ 190	—	Состав: 0,13% C; 14% Cr; 0,2% Ni. $\sigma_b = 650$ Н/мм <sup>2</sup> Состав: 0,10% C; 12,5% Cr; 0,2% Ni. $\sigma_b = 720$ Н/мм <sup>2</sup>	108-216	138	98-127	Закалка 990-1050°C, масло. Отпуск 740-750°C
	—	430	—	—	—					

$\sigma_{-1b}$  — предел усталости при симметричном растяжении – сжатии.

$\sigma_{-1z}$  — предел усталости при симметричном изгибе.

#### Механические свойства при различных температурах испытания

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	
						200	370	540	16	60	—	—	
						400	370	500	16	58	200	—	
						500	280	370	18	64	240	—	
						600	180	230	18	70	220	—	
Механические свойства в зависимости от температуры отпуска													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t <sub>отп.</sub> , °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , 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	—		
		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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч					Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч			
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>2</sup>	3·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>		
[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		
				Отпуск	750	450	—	—	—	—	—	100	
		500		—	—	—	—	—	95	60			
Релаксационная стойкость													
НД	t, °C	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_\tau$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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 <sup>2</sup>		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 <sup>2</sup> ·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 <sub>крит</sub>	—	1
Точечная	Морская вода	—	13000	3
Коррозионное растрескивание	Вода, насыщенная воздухом	150	Разрушение через 335–1345 ч	Напряжение 275 Н/мм <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,5 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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, °С [1, 4]				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 5949–75	Отжиг или отпуск	740–780	С печью	До 60 <sup>1</sup>	Не определяются					—	126–197
	Закалка	1000–1050	Воздух или масло	До 60 <sup>1</sup>	440	650	16	55	78	—	126–197
	Отпуск	660–770	Воздух, масло или вода								
	Закалка	1000–1050	Воздух или масло	До 60 <sup>1</sup>	635	830	10	50	59	—	126–197
Отпуск	600–700	Воздух или масло									

<sup>1</sup> 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/см<sup>2</sup> при нормe менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при нормe 78,4 Дж/см<sup>2</sup> 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/см<sup>2</sup> при нормe менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 14,7 Дж/см<sup>2</sup> при нормe 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и более. Свойства стали диаметром и стороной квадрата более 100 мм допускается проверять на перекованных пробах.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 18968– 73	Нормализация или закалка	1000–1050	Воздух или масло	До 60 <sup>2</sup>	490–655	670	18	50	69	—	207–241
	Отпуск	660–770	Воздух								

<sup>2</sup> Для сечения диаметром или толщиной 61–100 мм допускается понижение  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. %, а также понижение КCU на 4,9 Дж/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 19442– 74	Закалка	1000–1050	Воздух или масло	До 60 <sup>3</sup>	—	617–784	18	—	—	—	207–241
	Отпуск	660–770	Воздух	До 60 <sup>3</sup>	—	833–980 <sup>4</sup>	15	—	—	—	255–302

<sup>3</sup> 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. %.<sup>4</sup> Для стали марки 20X13, 20X13–Ш с пределами прочности 833–980 Н/мм<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 19442-74	Закалка	1000-1050	Воздух или масло	До 60 <sup>5</sup>	490-656	666	18	50	69	—	207-241
	Отпуск	660-770	Воздух	До 60 <sup>5</sup>	686-882 <sup>6</sup>	833	15	50	—	—	255-302

<sup>5</sup> Нормы распространяются на прутки с наибольшей толщиной до 60 мм. При толщине прутков более 60 мм допускается понижение  $\delta$  на 1 абс. % и  $\psi$  на 5 абс. % по сравнению с указанными в таблице, а также ударной вязкости на 4,9 Дж/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> 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.

<sup>6</sup> Нормы для стали марки 20X13 с пределом текучести 686-882 Н/мм<sup>2</sup> распространяются только на прутки для связи лопаток.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
ГОСТ 20700-75	Закалка Отпуск	1000-1050 650-720	Воздух или масло Воздух	Не регламентируется	не менее или в пределах						217-269	—	
					Болты, шпильки, пробки и хомуты <sup>7</sup>								
					588-735	784	15	45	58,8	229-285			590
					539-686	686	15	50	58,8	217-269			540
Гайки <sup>8</sup>						—		—		217-269			

<sup>7</sup> Температура среды до 450°C, условное давление P<sub>y</sub> (Н/мм<sup>2</sup>) не ограничено.

<sup>8</sup> Температура среды до 510°C, условное давление P<sub>y</sub> (Н/мм<sup>2</sup>) не ограничено.

Температура среды для шайб до 450°C, условное давление P<sub>y</sub> (Н/мм<sup>2</sup>) 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда													
ГОСТ 23304-78	Закалка Отпуск	1000-1050 650-720	Воздух или масло Воздух	До 200	не менее или в пределах						187-269	540				
					Болты и шпильки											
					20	539-686	686	15	50	59			—			
					350	392	—	—	—	—			—			
					20	588-735	784	15	45	59			229-285			
					350	441	—	—	—	—			—			
					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  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_{в}$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ОСТ 108.020.03-82	Закалка	1080	Масло	До 60 <sup>9</sup>	490-657	666	18	50	69	—	207-241
	Отпуск	720	Воздух								
	Закалка	1060	Масло	До 60 <sup>9</sup>	568-755	755	14	50	59	—	229-269
	Отпуск	670	Воздух								

<sup>9</sup> Для заготовок лопаток с толщиной замковой части более 60 мм, допускается снижение  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. %, КCU на 9,8 Дж/см<sup>2</sup>.

В случае невозможности изготовления продольных образцов определение механических свойств проводится на поперечных образцах. Допускается при этом понижение значения  $\delta$  на 3 абс. %,  $\psi$  на 20 абс. %, ударной вязкости на 19,6 Дж/см<sup>2</sup>.

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/мм<sup>2</sup> 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/мм<sup>2</sup> [1-4]

t, °C	Вид образца				N	Термообработка
	Гладкий		С надрезом			
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		
20	368	—	235	—	5·10 <sup>7</sup>	Закалка 1030-1050, масло Отпуск 700, 3 ч, воздух
200	343	—	216	—	5·10 <sup>7</sup>	
300	319	—	196	—	5·10 <sup>7</sup>	
400	304	—	167	—	5·10 <sup>7</sup>	
500	235	—	127	—	5·10 <sup>7</sup>	

#### Механические свойства в зависимости от температуры испытания

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>отп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
[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°С после старения при различных температурах и времени выдержки											
НД	Режим термообработки			t <sub>ст</sub> , °С	τ, ч	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
[3, 4]	Нормализация Отпуск	1000–1020	Воздух	500	5000	500	690	20	62	108	—
					10000	420	670	23	65	118	—
					1000	450	690	26	65	—	—
		730–750	Воздух		10000	440	660	24	63	108	—
					3000	450	660	21	60	78	—
					10000	380	630	23	63	147	—

Пределы длительной прочности и ползучести											
НД	Режим термообработки			t, °С	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч				Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>		
[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°С в течение 3000 ч относительное удлинение составило 16%, при 470°С в течение 1500 ч — 23%, при 500°С в течение 1500 ч — 21%.

Механические свойства стали при различных температурах после испытания на ползучесть													
НД	Режим термообработки			Испытание на ползучесть			t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда	t, °С	σ, Н/мм <sup>2</sup>	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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_t$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>	
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 <sup>2</sup>		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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,70 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	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	—	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—
НД	Режим термообработки				Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	Класс									
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	—	—	—	—	

Прутки изготавливают 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—
ОСТ 95-10-72	Закалка (нормализация)	950–1050	Масло, воздух	До 200	—	—	—	—	—	26–33	277–331			
	Отпуск	600–680	Масло, воздух											
ОСТ 95-10-72	Закалка (нормализация)	950–1050	Масло, воздух	До 200	—	—	—	—	—	45–53	—			
	Отпуск	200–350	Масло, воздух											
ОСТ 95-10-72	Закалка (нормализация)	950–1050	Масло, воздух	До 200 <sup>1</sup>	588	686	15	40	39	—	217–255			
	Отпуск	600–680	Масло, воздух											

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	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<sup>х</sup>-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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ	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  $\sigma_b$  — на 5% каждого;  $\delta$  и KCU — на 25% каждого;  $\psi$  — на 20%
- б) для радиальных образцов:  $\sigma_{0,2}$  и  $\sigma_b$  — на 10% каждого;  $\delta$  и  $\psi$  — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[2]	Закалка	1000	Воздух		-100	—	—	—	—	13-36	—
					Отпуск	650, 2-3 ч	Воздух	-40	—	—	—
		0	—		—			—	—	48-68	—
	Прутки, продольные образцы	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	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 <sup>2</sup>	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		Проверка на склонность к МКК по ГОСТ 6032–2003 не предусмотрена									
Межкристаллитная		Проверка на склонность к МКК по ГОСТ 6032–2003 не предусмотрена									
Релаксационная стойкость											
НД	Режим термообработки			t, °C	σ <sub>0</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>т</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>5</sup> %/ч при 400°C составляет 134 Н/мм <sup>2</sup> , при 450°C — соответственно 84 Н/мм <sup>2</sup> .											
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 <sub>в</sub> = 735 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,70 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
0,36–0,45	≤ 0,80	≤ 0,80	≤ 0,025	≤ 0,030	12,0–14,0	820	870	780	—		
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 класс				
ГОСТ 18907–73	В состоянии поставки термообработанная			1,0–30	—	590–810	10	—	—	—	143–229
							10				
<b>Назначение.</b> 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.											
Сталь коррозионно-стойкая мартенситного класса, характеризуется высокой прочностью и износостойкостью.											
<b>Жаростойкость</b>				<b>Коэффициент чувствительности к надрезу за 10<sup>4</sup> ч</b>							
Среда	t, °С	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч								
Окалиностойкая при длительном сроке службы до температуры 600°С				<b>Чувствительность к охрупчиванию при старении</b>							
				Время, ч		t, °С		KCU, Дж/см <sup>2</sup>			
				Исходное состояние				21			
5000		470		22							
<b>Коррозионная стойкость</b>											
Вид коррозии		Среда		t, °С	Длительность, ч		Балл стойкости				
Общая		Концентрированная H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		20	720		1				
		63,4% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		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.									
<b>Технологические характеристики</b>											
Температурные параметрыковки, °С				Свариваемость				Обрабатываемость резанием			
1100–800				Не применяется для сварных конструкций.				В закаленном и отпущенном состоянии при 340 HB и σ <sub>в</sub> ≥ 735 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,4 (быстрорежущая сталь)			

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>13X13C2M2 (ЭИ 852)</b>	<b>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.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[2]	Отжиг	840–860	С печью	10–95× 1,0–22,0 <sup>1</sup>	Не определяются							
				15–37× 1,8–2,5 Длина немерная ≥ 1000, 3000 <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>	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	—	—	—

<sup>1</sup> ТУ 14-3-258-74.<sup>2</sup> ТУ 14-3-791-79.<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup> , при t, °C [2]						Пределы длительной прочности			
						t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		
– 20	0	+ 10	+ 20	+ 100	+ 250		600	1·10 <sup>3</sup>	
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 <sub>v</sub> = 0,75 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,45 (быстрорежущая сталь)

Марка стали		Вид поставки											
12Х13Г12АС2Н2 (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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	—	—	—	—	
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
ТУ 14-3-917-80	Аустенитизация			∅ 32–42 s 4–6	372	784	35	—	—	—	—		
<b>Назначение.</b> 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. Сталь жаростойкая, жаропрочная, аустенитного класса.													
<b>Жаростойкость</b>				<b>Механические свойства после эксплуатации различной продолжительности</b>									
Среда	t, °С	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч	Время испытания, ч	σ <sub>T</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %					
Продукты сгорания высокосернистого мазута	650	0,086	10000	800	310	850	22,0	19,5					
	650	1,0 <sup>1</sup>	68000										
Продукты сгорания экибастузского угля	650	0,01	10000	13000	323	800	23,0	18,0					
	650	0,2 <sup>1</sup>	10000										
	700	0,015	10000										
	700	0,3 <sup>1</sup>	10000										
Продукты сгорания назаровского угля	650	0,005	10000	64000	450	950	44,0	55,1					
	650	0,3 <sup>1</sup>	11500										
	700	0,008	10000										
	700	0,35 <sup>1</sup>	10000										
<sup>1</sup> Экстраполяция на 100000 ч.				70000	337	633	42,6	80,2					
<b>Коррозионная стойкость</b>													
Вид коррозии	Среда		t, °С	Длительность, ч	Балл стойкости								
Общая	—		—	—	—								
Точечная	—		—	—	—								
Коррозионное растрескивание	—		—	—	—								
Межкристаллитная	—		—	—	—								
<b>Технологические характеристики</b>													
Температурные параметрыковки, °С			Свариваемость			Обрабатываемость резанием							
1180–980			Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД и КТ.			В состоянии поставки при σ <sub>b</sub> = 783 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,41 (твердый сплав), K <sub>r</sub> = 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				
С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Nb	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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	—	—	—	—	
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
ТУ 14-3Р-55-2001	Аустенитизация			∅ 32–42 s 4–6	216	588	40	—	—	—	—		
<b>Назначение.</b> 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. Сталь жаростойкая, жаропрочная, аустенитного класса.													
<b>Жаростойкость</b>				<b>Механические свойства после эксплуатации различной продолжительности</b>									
Среда	t, °С	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч	Время испытания, ч	σ <sub>т</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %					
Продукты сгорания высокосернистого мазута	550	0,25 <sup>1</sup>	46675	25000	420	910	35	37					
	650	0,185	10000										
	650	0,60 <sup>1</sup>	46675										
Продукты сгорания экибастузского угля	650	0,01	10000	38000	390	900	40	30					
	700	0,012	10000	50000	382	900	41	44					
<sup>1</sup> Экстраполяция на 100000 ч.				72000	400	900	34	33					
<b>Коррозионная стойкость</b>													
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.												
<b>Технологические характеристики</b>													
Температурные параметрыковки, °С	Свариваемость				Обрабатываемость резанием								
1160–950	Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД и КТ.				В состоянии поставки при σ <sub>в</sub> = 588 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>V</sub> = 0,66 (твердый сплав), K <sub>V</sub> = 0,35 (быстрорежущая сталь)								

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>												
25X13H2 (2X14H2, ЭИ 474)		Прутки нагартованные — ГОСТ 18907-73, ТУ 14-1-721-73.												
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632-72</b>											<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	Al	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>v</sub> = 1,2 (твердый сплав)	Мало чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Склонна в интервале температур 475–500°С при длительных выдержках.

Марка стали		Вид поставки									
09X13H3Г4		Поковки — НД заводов. Отливки — НД заводов.									
<b>Массовая доля элементов, %, по [38]</b>											
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					
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [91]			Термообработка	Чувствительность к надрезу [91]							
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	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 <sup>1</sup> [91]			Гидроабразивная стойкость <sup>2</sup> [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						
<sup>1</sup> Испытания проводились на ударно-эрозионном стенде.			<sup>2</sup> Испытания проводились на установке Тененбаума при 5% концентрации кварцевого песка, 650 мкм крупности, 80° угла встречи поверхности образца с струей.								
<b>Коррозионная стойкость [91]</b>											
Вид коррозии		Среда	t, °C	Длительность, ч	Балл стойкости						
Общая		—	—	—	—						
Точечная		—	—	—	—						
Коррозионное растрескивание		—	—	—	—						
Межкристаллитная		Склонность к МКК в нормализованном состоянии не выявлена									
<b>Технологические характеристики [91]</b>											
Сталь технологична при отливке, горячей обработке (ковке, прокатке) и обработке резанием											

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>20X13H3Г4</b>	<b>Поковки, прокат</b> — НД заводов. <b>Отливки</b> — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[38]	Закалка	1070	Вода	—	320	1530	24	14	230	—	—

**Назначение.** Для изготовления литых деталей гидромашин (лопасти гидротурбин гидронасосов, судовых гребных винтов) и других деталей, работающих в условиях изнашивания при кавитации и гидроабразивном воздействии.

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.

Сталь метастабильная аустенитного класса.

Кавитационная стойкость <sup>1</sup> [91]			Гидроабразивная стойкость <sup>2</sup> [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				
<sup>1</sup> Испытания проводились на ударно-эрозивном стенде.			<sup>2</sup> Испытания проводились на установке Тененбаума при 5% концентрации кварцевого песка, 650 мкм крупности, 80° угла встречи поверхности образца с струей.			

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>										
06X13H7D2		Крепежные детали — ГОСТ 23304–78. Сортовой прокат — ТУ 14–1–3613–83.										
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 23304–78</b>												
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	—		
<b>Механические свойства</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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						
		804–951	882		12	55	78	269–302	805			
		Отпуск	530–560		Воздух	300	608	—	—	—	—	—
	Закалка	1040–1060	Вода	До 160	20	Гайки, плоские подкладные шайбы						
						Болты и шпильки						
		804–951	882		12	55	78	269–302	805			
		Отпуск	530–650		Воздух	300	608	—	—	—	—	—

**Примечания.**

- При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм, указанных в таблице для  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_b$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , 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.

- 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/мм<sup>2</sup>  $K_v = 0,42$  (твердый сплав)				Чувствительна			
**Склонность к отпускной хрупкости**										
							—			

Марка стали		Вид поставки													
03X13N8J2TM (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ТУ 14-1-1655-75	Тройная закалка	880±10	Воздух	3–38 <sup>1</sup>	1350	1450	9	30	45	—	—
	Старение, 2 ч	500–540	Воздух	90–180 <sup>2</sup>							
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							

<sup>1</sup> Прутки горячекатаные круглые.

<sup>2</sup> Прутки кованные круглые и квадратные.

Механические свойства в зависимости от температуры заковки												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	t испытания, °С	HRC				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее			
ТУ 14-1-1655-75	Закалка 40мин Старение, 2 ч	880	Вода	Пруток $\varnothing$ 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 $\varnothing$ 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 $\varnothing$ 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 $\varnothing$ 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 <sup>3</sup>			52 <sup>4</sup>					
600			1080			1310	19	65	75	-70	—				
						1650 <sup>3</sup>			50 <sup>4</sup>						
1405			1600			19	50	70	-196	—					
								1800 <sup>3</sup>			37 <sup>4</sup>				
1685			1780			12	38	49	-253	—					
								1870 <sup>3</sup>			25 <sup>4</sup>				
<sup>3</sup> $\sigma_b^H$ . <sup>4</sup> KCV.															
<b>Назначение.</b> Силовые элементы, сварные конструкции, работающие при температурах от 20°С до минус 196°С. Сталь мартенситно-старяющая.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$				+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80					
<b>Коррозионная стойкость</b>															
Вид коррозии		Среда				t, °С	Скорость коррозии, мкм/год			Балл стойкости					
Общая		Атмосфера солевого тумана					7,9/9,4 <sup>5</sup>								
		98%-ная относительная влажность					5,9/6,1 <sup>5</sup>								
		98%-ная относительная влажность + 0,01%SO <sub>2</sub>					25,5/18,4 <sup>5</sup>								
		Сталь коррозионно-стойка в атмосферных условиях.													
Точечная															
Коррозионное растрескивание		Не склонна в условиях промышленной атмосферы (в присутствии 0,01%SO <sub>2</sub> ), в условиях 98% влажности и в атмосфере солевого тумана.													
Межкристаллитная															
<sup>5</sup> 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.															
<b>Технологические характеристики</b>															
Ковка <sup>6</sup>		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															
<sup>6</sup> Сталь удовлетворительно деформируется в холодном состоянии.															
<b>Свариваемость</b>				<b>Обрабатываемость резанием</b>				<b>Флокеночувствительность</b>							
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 <sup>2</sup> 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [1]			Тип образца	Чувствительность к охрупчиванию при старении [1]		
	σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		Время, ч	t, °С	KCV, Дж/см <sup>2</sup>
					Исходное состояние		
20	328	—	10 <sup>7</sup>	Гладкие образцы	500	350	143
350	250	—	10 <sup>7</sup>		1000	350	140
					3000	350	116
20	328	—	10 <sup>7</sup>	Образцы с надрезом	5000	350	128
350	250	—	10 <sup>7</sup>		10000	350	83
					1000	550	152
20	348	—	10 <sup>7</sup>	Сварные образцы (РД электродом ЦЛ-51)	3000	550	160
350	245	—	10 <sup>7</sup>		5000	550	145

Коррозионная стойкость [1]				
Вид коррозии	Среда	t, °С	Длительность, ч	Балл стойкости
Общая	Деминерализованная вода, [O <sub>2</sub> ] ≤ 1 мг/кг	320	2000	1
		70	2000	1
		—	5000	1
Точечная	Деминерализованная вода, [O <sub>2</sub> ] ≤ 1 мг/кг	70	2000	Питтинги отсутствуют
		—	5000	
Коррозионное растрескивание	42% Mg Cl <sub>2</sub>	154	500	Трещин нет
	Вода, содержащая 1 мг/кг Cl <sup>-</sup> и до 6,0 мг/кг O <sub>2</sub>	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 σ <sub>в</sub> = 350 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,3 (твердый сплав)

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>+1,75</sup> <sub>-1,00</sub> ; длиной 4300 <sup>+60</sup> <sub>-20</sub>						
					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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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			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	$t_{\text{прокатки}}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{\text{в}}$	$\delta$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>								
	окружные		осевые		окружные		осевые		
Грань	+ 268		290		Не определялись		Не определялись		
Ребро	– 56		388		– 3,4		38		
В результате отжига при 680°C, 1 ч уровень остаточных напряжений снизился в 30 раз.									
Коррозионная стойкость									
Вид коррозии	Среда			$t, ^\circ\text{C}$	Длительность, ч	Глубина коррозии, мкм/год	Балл стойкости		
Общая	Водный раствор борной кислоты (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ) — 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°C, 680°C, 800°C в течение 0,5 ч; при наложении провоцирующего нагрева в интервале 800–1000°C с охлаждением в воде и на воздухе.								
Технологические характеристики									
Вид полуфабриката	Температура профилирования (деформации) круглых труб в шестигранные, °C								
Заготовка	150–200								
Свариваемость			Обрабатываемость резанием			Флокеночувствительность			
Не применяется для сварных конструкций			Сталь обрабатывается удовлетворительно			Не чувствительна			
						Склонность к отпускной хрупкости			
						—			

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>10X14AG15</b> (X14AG15, ДИ 13)	<b>Лист тонкий — ГОСТ 5582–75.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 5582–75				До 3,8	не менее						
Закалка	950–1100	Вода	Образцы поперечные								
					—	740	45	—	—	—	—

**Назначение.** Заменитель холоднокатаной стали марок 12X18H9 и 17X18H19 для прочных и легких конструкций, облицовки проточной части радиально-осевых и поворотнo-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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[4]	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[4]	Закалка	1050	Вода	Лист 3	0	370–420	700–860	60	—	—	—
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 X18H9. 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/мм<sup>2</sup>  
K<sub>r</sub> = 0,6 (твердый сплав),  
K<sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ag <sub>1</sub>	Ag <sub>3</sub>		
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
ТУ 14-134-325-93	Отжиг	670–700	С печью	0,5–5,0	295	480	—	—	—	—	160		
<b>Назначение.</b> Для изготовления кузовов нового поколения электропоездов, поездов метрополитена, пассажирских вагонов дальнего следования и другого подвижного состава.													
Жаростойкость				Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>			
				Исходное состояние								—	
				—				—				—	
Коррозионная стойкость													
Вид коррозии		Среда		t, °С	Длительность, ч		Балл стойкости						
Общая		0,3% раствор H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		20			1						
		3% раствор H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		20			5						
		3% раствор NaCl		20			1						
Точечная													
Коррозионное растрескивание													
Межкристаллитная													
Технологические характеристики													
Температурные параметры ковки, °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 <sub>b</sub> = 295 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 3,9 (твердый сплав)					

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>10X14Г14Н4Т</b> (X14Г14НЗТ, ЭИ 711)	<b>Лист тонкий</b> — ГОСТ 5582–75. <b>Сортовой прокат</b> — ГОСТ 5949–75. <b>Лист толстый</b> — ГОСТ 7350–77. <b>Поковки</b> — ГОСТ 25054–81. <b>Трубная заготовка</b> — ТУ 14–1–170–72. <b>Трубы</b> — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	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	—	—	—	—

<sup>1</sup> Для стали диаметром или толщиной свыше 60 до 100 мм допускается снижение  $\delta$  на 1%,  $\psi$  на 5%; свыше 100 до 150 мм —  $\delta$  на 3%,  $\psi$  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 <sup>2</sup> , при t, °C [1]						Термообработка	Пределы длительной прочности и ползучести [4]				
+ 20	0	– 20	– 60	– 100	– 196		t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч	Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч		
—	—	—	350	320	190	—	1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>4</sup>	
—	—	—	—	—	—	—	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 (X14Г14Н3Т, ЭИ 711)												
Механические свойства при комнатной температуре												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	Степень деформации	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее
[4]	Закалка	1050	Вода	Лист	Исходное состояние	270	730	52	—	—	—	
					20	900	1050	15	—	—	—	
	40	1170	1200		10	—	—	—				
	Деформация обжатием			3	60	—	1500	2	—	—	—	
	Деформация растяжением				Пластина 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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
	16	900	90	100				66	67	330	—	
	1000	—	50	64				85	270	—		
	1100	—	20	49			74	190	—			
	1200	—	15	68			60	180	—			
	1200	—	15	68			60	180	—			
	Механические свойства при различных температурах											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	1/10 <sup>4</sup>				
[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, °C	Длительность, ч	Глубина коррозии, мм/год	Группа или балл стойкости	Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч				
Воздух	700	—	0,1	5	Окалиностойкая до 650°C							
	800	—	0,35	6								
Жаростойкость [15]												
Среда	t, °C	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, °C	Длительность, ч	Балл стойкости						
Общая		Уксусный ангидрид		20	—	1						
				80	—	2						
				100	—	1						
				20% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	20	—	1					
				Вода дистиллированная	20	—	2					
Точечная		—	—	—	—							
Коррозионное растрескивание		Вода, содержащая Cl <sup>-</sup> и O <sub>2</sub>		320	Разрушение через 100 ч	Напряжение 300–200 Н/мм <sup>2</sup>						
Межкристаллитная	Сталь не склонна к МКК в закаленном состоянии. После нагрева в интервале температур 600–650°C может приобрести склонность к МКК. Проверка на склонность к МКК производится по ГОСТ 6032–2003 метод А после закалки и провоцирующего нагрева до 650°C, выдержка 1 ч.											
Коррозионная стойкость [4]												
Вид коррозии		Среда		t, °C	Глубина коррозии, мм/год	Балл стойкости						
Общая		10% HNO <sub>3</sub>		80	0,0291	—						
				t <sub>кип</sub>	2,5227	—						
				t <sub>кип</sub>	0,7501	—						
10%-я уксусная кислота		t <sub>кип</sub>	0,7501	—								
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	1160–800	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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,3 (быстрорежущая сталь)			Не чувствительна						
						Склонность к отпускной хрупкости						
						Не склонна						

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>									
04X14H5MГТЮ		Пруток — ТУ 108.1377–85.									
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.1377–85</b>					<b>Температура критических точек, °С</b>						
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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							

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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.

<b>Коррозионная стойкость</b>				
Вид коррозии	Среда	t, °С	Длительность, ч	Балл стойкости
Общая	Борированная вода [H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> ] – 16 г/кг [KOH] – 0,02 ммоль/кг	До 350	3000	1
Точечная	Борированная вода [H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> ] – 16 г/кг [KOH] – 0,02 ммоль/кг	350	3000	Отсутствует
Коррозионное растрескивание				
Межкристаллитная				

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<b>Технологические характеристики</b>					
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 НВ и σ <sub>в</sub> = 980 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,5 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,24 (быстрорежущая сталь)	—
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		—

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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn	Мк		
≤ 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 <sub>нсп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										не менее			
[1, 72-74]	Предварительная			φ 870–1270 длина 3500 <sup>1</sup>	20	Поковки корпуса коллектора пароперегревателя										
	Гомогенизация					714	891	21,7	67,9	148	—	—				
	Отпуск					733	878	22,3	69,8	168	—	—				
	Воздух С печью					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	—	—			
	Окончательная					350	641	758	14,7	62,3	182	—	—			
	Нормализация			350	630	751	15,3	62,3	153	—	—					
	Отпуск			400	621	747	13,3	55,6	174	—	—					
	Воздух С печью			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			20	798	955	22,5	58,7	81	—	—		
	Отпуск			350	696	768	13,8	44,9	106	—	—					
	Старение			400	665	752	14,2	37,0	98	—	—					
			450	608	690	15,7	48,4	93	—	—						
Предварительная термообработка					Поковки дисков											
Отпуск					ГТЭ – 150											
Отпуск			Не определяются						—	—						
Окончательная термообработка			φ 2110 толщина 460	20	748	896	19,0	58,0	104	—	—					
Нормализация				20	757	894	19,0	59,0	104	—	—					
Отпуск				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				Диск I ступени (наружное кольцо)												
Аустенитизация				20	860	935	26,0	59,0	82	—	—					
Воздух до 300°С, далее с печью				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	—	—	—					
Отпуск				500	585	605	13,2	61,0	—	—	—					
				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 <sub>исп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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		200	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	—	—				

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup> [1]			Термообработка	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Термообработка	
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80		- 196
375 <sup>2</sup>	—	10 <sup>7</sup>	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	
<sup>2</sup> Среда испытания — воздух.				161	156	147	136	128	116	52	

Коррозионная стойкость [1]				
Вид коррозии	Среда	t, °С	Длительность, ч	Балл стойкости
Общая	Вода [H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ] – 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 <sub>0,2</sub> разрушений нет
	Вода с [Cl <sup>-</sup> ] – 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	Копеж 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 <sub>b</sub> = 935–955 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,42 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,17 (быстрорежущая сталь)		

Марка стали		Вид поставки										
1X14H14B2M (ЭИ 257)		Трубы — НД заводов-изготовителей.										
<b>Массовая доля элементов, %</b>												
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	—	—		
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее
ДЦ	Закалка	1100–1175	Вода или воздух	Труба <sup>1</sup>	220	550	35	—	—	—	≤ 175	
<sup>1</sup> 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.												
<b>Назначение.</b> Трубы пароперегревателей, коллекторов и паропроводов сосудов высокого давления для длительных сроков работы при температуре 550–600°C.												
Сталь жаропрочная аустенитного класса.												
<b>Технологические характеристики</b>												
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											
<b>Свариваемость</b>		<b>Обрабатываемость резанием</b>				<b>Температура критических точек, °C</b>						
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 <sup>2</sup> $K_v = 0,4$ (быстрорежущая сталь)				Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>			
						—	—	—	—			

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>45X14N14B2M (ЭИ 69)</b>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [5, 8]				Тип образца	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Сечение, мм
t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+800	+900	+1000	+1100	+1150	+1200	
550	340	—	5·10 <sup>7</sup>	Гладкий С надрезом Гладкий С надрезом	85	83	85	84	36	18	90×90
550	190	—	5·10 <sup>7</sup>								
600	320	—	5·10 <sup>7</sup>								
600	230	—	5·10 <sup>7</sup>								

Пруток, продольные образцы

**Механические свойства стали при температуре 20°C (продольные образцы)**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—
[2, 5, 8]	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—

**Механические свойства стали в зависимости от температуры испытаний**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>			
[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/мм<sup>2</sup>  
 $K_v = 0,7$  (твердый сплав),  
 $K_r = 0,25$  (быстрорежущая сталь)

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>							
<b>09X14N16B (ЭИ 694)</b>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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 10<sup>4</sup> ч

## Жаростойкость

—	Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч
---	-------	-------	---------------------------	-------------------

## Чувствительность к охрупчиванию при старении

Время, ч	t, °C	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup> $K_v = 0,65$ (твердый сплав), $K_v = 0,45$ (быстрорежущая сталь)	Сталь хорошо деформируется в холодном состоянии
--	---	---

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>									
<b>09X14H19B2BP (ЭИ 695P)</b>		<b>Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Трубная заготовка, трубы — НД заводов-изготовителей.</b>									

<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72</b>											
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

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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.

<b>Механические свойства при комнатной температуре (образцы продольные)</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[5]	Прутки, штанги полосы			Образцы	220	520	35	50	—	—	—
	Закалка	1140–1160	Воздух								
	Трубная заготовка										
	Закалка	1100 <sup>+30</sup> <sub>-10</sub>	Вода								
	Бесшовные трубы паропроводные, коллекторные										
	Закалка	1100 <sup>+50</sup> <sub>-10</sub> 20 мин	Вода								
Бесшовные трубы горячекатаные			—	550 <sup>1</sup>	40	—	—	—	—	—	
Состояние поставки											
Бесшовные трубы холоднотянутые, холоднокатаные, теплокатаные											
Закалка	1140–1180	Воздух	—	550	35	—	—	—	—	—	—

<sup>1</sup> Для толстостенных труб с отношением (наружный диаметр трубы, мм)/(минимальная толщина трубы, мм) ≤ 0,8 допускается снижение предела прочности ( $\sigma_b$ ) на 20 Н/мм<sup>2</sup>.

<b>Механические свойства стали при температуре 20°C после эксплуатации</b>											
НД	Режим эксплуатации			Сечение, мм	$\tau$ , ч	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB
	Операция	t, °C	R, Н/мм <sup>2</sup>								
[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	—	

<b>Пределы длительной прочности и ползучести</b>											
НД	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч							
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>						
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[5]	Закалка	1100–1150	Воздух или вода	Прутки ø18–45 Трубная заготовка ø105, ø175	20	не менее						131
						Образцы продольные						
						200	480	42	61	140	—	
						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			
				20	Образцы поперечные						—	
				200	520	21	24	42	—			
				Трубы ø32×7,5; ø152×23	20	Образцы продольные						131
						220	520	43	65	170	—	
						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					
20	Образцы тангенциальные						—					
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч						
[5]	—	1140	Вода	Исходное состояние			220	570	44	71	185	—
				650	110–130	2800–2700	260	570	33	56	185 <sup>1</sup>	131
				660	150	1700	380	490	30	20	—	—
				700	55–110	2100–6700	248	540	32	50	120 <sup>1</sup>	128

<sup>1</sup> 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

Трудно свариваемая.  
Способы сварки: РД, РАД и КТ.  
Рекомендуется последующая термообработка

## Обработываемость резанием

В отожженном состоянии  
при 200 НВ и  $\sigma_b = 510$  Н/мм<sup>2</sup>  
 $K_v = 1,0$  (твердый сплав),  
 $K_v = 0,35$  (быстрорежущая сталь)

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>09X14H19B2BP1 (ЭИ 726)</b>	<b>Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949-75. Прутки — ТУ 14-1-2865-80. Сортовой прокат — НД заводов-изготовителей.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	220	500	25	30	59	—	—					
	Старение	740–760, (25 ч)	С печью													
	Аустенитизация	1140–1160	Вода	600–1000 <sup>1</sup> (бочка ротора)	240–230	550–520	30–25	36–30	59	—	—					
	Старение	740–760, (25 ч)	С печью													

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup> K <sub>c</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>c</sub> = 0,25 (быстрорежущая сталь)	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
		—	—	—	—

Марка стали		Вид поставки														
06X15H6МБФ		Лист толстый — НД заводов-изготовителей.														
Массовая доля элементов <sup>1</sup> , %											Температура критических точек, °С					
С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Nb	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sup>2</sup>
<sup>1</sup> В сталь вводятся по расчету Al – 0,1%, Се – 0,1%, Са – 0,02%, Ti – 0,02%.											<sup>2</sup> Температура нагрева 950°С.					
Механические свойства при комнатной температуре																
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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									
	Состояние поставки			120 × × 2600 × × 7130	Середина листа											
					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										
Состояние поставки			120 × × 2600 × × 7130	Середина листа												
				Верх листа												
				740	970	18,0	55	116–118	—	302						
				750	970	18,5	57	116–118	—	302						
<b>Назначение.</b> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	HB	Коэффициент стойкости стали относительно эталона									
		1 ч	2 ч	3 ч												
06X15H6МБФ (верх листа)		7,2	18,0	33,7 <sup>3</sup>	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.																
<sup>3</sup> Средние по замерам 3 образцов.																
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]		Среда		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Термообработка						
				+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80							
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N														
490	—	10 <sup>7</sup>		Воздух												
400	—	10 <sup>7</sup>		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 <sub>b</sub> = 980 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—		
<b>Назначение.</b> Для конструкций атомных энергоустановок, работающих в контакте с жидкометаллическим теплоносителем.													
Жаростойкость				Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>			
				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 <sup>-</sup> и 0,3–6,0 мг/кг O <sub>2</sub>		365	2000		1						
					3000								
Контактная (в контакте со сталью марки 08X18H10T)		Вода, содержащая 5 мг/кг Cl <sup>-</sup> и 0,3–6,0 мг/кг O <sub>2</sub>		320	500		2						
					1000								
Точечная													
Коррозионное растрескивание		Вода, содержащая 50 мг/кг Cl <sup>-</sup> и 0,3–6,0 мг/кг O <sub>2</sub>		350			Разрушение в интервале 700–1000 ч при σ > σ <sub>0,2</sub>						
				320			Разрушение в интервале 130–540 ч при σ > σ <sub>0,2</sub>						
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 <sub>в</sub> = 590 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,9 (твердый сплав), K <sub>r</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	750, 16 ч	Воздух		500	750	18	35	80	—	—
<sup>1</sup> При пониженных пластических свойствах проводится дополнительное старение при температуре 850°C.											
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]			Термообработка	Относительное удлинение образцов после длительных испытаний [5]							
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		t, °C	$\tau$ , ч	$\delta$ , %					
420	—	10 <sup>8</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение σ <sub>т</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sub>в</sub> = 750 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	КП	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
ГОСТ 23304–78	Закалка	1040–1060	Масло	До 180	20	Болты и шпильки						269–302	735
						Отпуск	640–660	Воздух	735–882	882	13		
	Гайки, плоские подкладные шайбы												
	Закалка	1040–1050	Масло		До 180	20	686–833	833	13	50	59	229–262	685
Отпуск				650–660			Воздух	539	—	—	—	—	—
	Примечания.												
1. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм, указанных в таблице для $\sigma_{0,2}$ , $\sigma_b$ , $\delta$ , $\psi$ , 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 M24 и более.													
5. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 735; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 685.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> $K_a = 0,5$ (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	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	$\delta$	$\psi$	KCU,	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		H/мм <sup>2</sup>	H/мм <sup>2</sup>	%	%	Дж/см <sup>2</sup>		
ГОСТ 5949–75	Горячекатаная и кованая сталь в отожженном или отпущенном состоянии			г/к и кованая до 200 калиброванная, до 70	не менее					—	≤ 321
	I вариант				Не определяются						
	Нагрев	1140–1160, 5–5,5 ч	Воздух		835	980	8	45	59	—	—
	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.

- Режим термической обработки образца или заготовки указывается в заказе, а при отсутствии указания выбирается изготовителем.
- 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/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 9,8 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> 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/см<sup>2</sup> при норме менее 78,4 Дж/см<sup>2</sup> и на 14,7 Дж/см<sup>2</sup> при норме 78,4 Дж/см<sup>2</sup> 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.
- Нормы ударной вязкости приведены для квадрата и полосы размером 12 мм и более; круга и шестигранника размером 16 мм и более.
- 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.
- 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 неоднородность	Ликвационный квадрат	Общая пятнистая ликвация	Краевая пятнистая ликвация	Подсадочная ликвация	Подкорковые пузыри	Межкристаллитные трещины	
Металл открытой и вакуумно-индукционной выплавки	2	3	2	2	1	1	Не допускается		
Металл электрошлакового 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—
Отпуск	300-350	Воздух	х/к								
			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<sup>2</sup>  
 $K_v = 0,5$  (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KIC, МН/м <sup>3/2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> <sup>н</sup> , Н/мм <sup>2</sup>	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 – 196 – 253	1100 1480 1830	1270 1730 2060	10 17 15	67 58 51	— — —	2080 2740 2190	— — —

07X16H6 (X16H6, ЭП 288)		Механические свойства										
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСV, Дж/см <sup>2</sup>	K <sub>IC</sub> , МН/м <sup>3/2</sup>
	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 <sub>IC</sub> , МН/м <sup>3/2</sup> , 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/мм<sup>2</sup>  
K<sub>r</sub> = 0,8 (твердый сплав),  
K<sub>r</sub> = 0,3 (быстрорежущая сталь)

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>03X16H9M2</b>	<b>Листы</b> — ТУ 108.11.595–87. <b>Поковки</b> — ТУ 108.11.595–87. <b>Плиты</b> — 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.**

- Допускаются следующие отклонения: по С + 0,01%; по Cr ± 0,25%; по Si + 0,10%; по Mn + 0,05%; – 0,20% для металла ВДП.
- 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.
- Бор вводится в сталь по расчету и химическим анализом не определяется.
- По соглашению сторон допускается выплавлять сталь с содержанием Ti, Al и Ca, содержание которых определяется, заносится в сертификат, но не является сдаточным.
- Изготовитель дополнительно производит определение Co, содержание которого должно быть не более 0,05%.

**Механические свойства**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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.**

- 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  $H \leq 1,2 D_{нар}$ ) образцам.
- 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.
- 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.
- 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>		$\delta$ , %		$\delta_p$ , %		$\psi$ , %	
		исход-ные	после облучения	исход-ные	после облучения	исход-ные	после облучения	исход-ные	после облучения	исход-ные	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/мм <sup>2</sup>				Тип образца	Малоцикловая усталость			Вид испытания	
t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		t, °C	Предел, Н/мм <sup>2</sup>	N	Прокат	
20	250	—	10 <sup>7</sup>	Без надреза	20	—	—	Прокат	
500	185	—	10 <sup>7</sup>		20	420	10 <sup>4</sup>	Круговой изгиб с частотой 6 цикл/мин	
500	175	—	10 <sup>7</sup>	С надрезом	500	230	10 <sup>4</sup>	Круговой изгиб с частотой 6 цикл/мин	
Влияние облучения на ударную вязкость				Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>				Вид испытания	
Ударная вязкость после облучения, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C									
— 130		— 100		+ 20				Листовая сталь	
82		> 90		образец не разрушился				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 <sup>21</sup> нейтр/см <sup>2</sup> при E > 0,1 МэВ				20	430	—	10 <sup>3</sup>	При одночастотном нагружении	
				20	340	—	10 <sup>4</sup>	При одночастотном нагружении	
				20	445	—	10 <sup>3</sup>	При одночастотном нагружении	
20	320	—	10 <sup>4</sup>	При двухчастотном нагружении		При двухчастотном нагружении			

Пределы длительной прочности и ползучести								
НД	Режим термообработки			t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>	2/10 <sup>5</sup>
[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	Обработываемость 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 $\leq 200$ НВ и $\sigma_b = 500$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,95$ (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 $\alpha$ -фазы (ковшовая проба) <sup>1</sup>			
≤ 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%			
<sup>1</sup> 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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ТУ 14-3P-55-2001	Аустенитизация	1030–1100	Воздух или вода	$\phi_n$ 10–89 s 2–8	216–294	529	35	55	—	—	—
Примечания.											
1. Твердость НВ 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>5</sup>			2·10 <sup>5</sup>			
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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	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	—	$\frac{\leq 140^1}{\leq 180}$
<sup>1</sup> 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 интервалковки, °C	из слитков				из заготовок					
		Размер сечения, мм		Условия охлаждения		Размер сечения, мм		Условия охлаждения			
Слиток	1250–800	ø 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 НВ и $\sigma_b = 540$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,95$ (твердый сплав), $K_v = 0,60$ (быстрорежущая сталь)						

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>							
<b>08X16H11M3</b>		<b>Толстолистовой прокат — ТУ 14-1-3409-82.</b>							
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-3409-82</b>									
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

<b>Механические свойства</b>																	
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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  $\alpha$ -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 ( $\psi$ , %).
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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										не менее				
[5]	Аустенитизация	1110	Воздух	Образцы из труб —	20	Трубы бесшовные паропроводные и коллекторные											
						Образцы продольные											
						220	540	40	55	150	—	≤ 200					
						Образцы поперечные											
					20	220	540	35	50	140	—	≤ 200					

**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.

<b>Механические свойства при различных температурах</b>																	
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										не менее				
[5]		1100, 2 ч	Воздух	Заготовка	20	230	640	70	78	—	—	—					
				100×100	200	175	440	50	75	—	—	—					
				из слитка	300	150	435	45	69	—	—	—					
				(100 кг)	400	135	430	44	67	—	—	—					
				Образцы продольные	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  $\alpha$ -фазы.

[5]	Аустенитизация	1080–1120, 15 мин	Воздух	Лист	20	290	640	—	—	—	—	—
				30	200	210	470	44	77	—	—	—
				из слитка	300	190	460	40	73	—	—	—
				(11–13 т)	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  $\alpha$ -фазы.

<b>08X16H11M3</b>												Сечение, мм	
<b>Относительное удлинение при длительных испытаниях [5]</b>						<b>Ударная вязкость, КСУ, Дж/см<sup>2</sup>, при t, °C [5]</b>							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								

<b>Механические свойства металла шва и сварного соединения после длительного старения стали<sup>1</sup></b>							<b>Пределы длительной прочности основного металла<sup>1</sup> и сварного соединения<sup>2</sup></b>					
НД	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НД	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч			
[5]	Металл шва								Основной металл		Сварное соединение	
	20 <sup>2</sup>	435	645	47	41,5	130	1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>		
	20	380	825	33	38,5	60	290	230	260	210		
	650 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	280	540	46	75	160	650	90	70	95	75		
20	290	635	43	68	—	700	65	—	65	—		
650 <sup>2</sup>	195	300	25	67	170							
650	185	330	24	62	—							

<sup>1</sup> 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.  
<sup>2</sup> Без старения.

<sup>1</sup> σ<sub>1/10<sup>5</sup></sub><sup>650</sup> = 50 Н/мм<sup>2</sup>.  
<sup>2</sup> При ручной электродуговой сварке используются электроды ЦТ-26; при аргонодуговой сварке — электроды из проволоки ЭП377.

<b>Механические свойства стали при различных температурах после длительного старения</b>													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	Режим старения		t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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.

<b>Влияние облучения на механические свойства стали</b>											
НД	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>		σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>		δ, %		δ <sub>p</sub> , %		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)

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>08X16H13M2Б (ЭИ 405, ЭИ 680)</b>	<b>Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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  $10^4/\sigma_{в}$  (Н/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>	
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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[1]	Аустенитизация	1100–1130	Воздух или вода	До 75 <sup>1</sup> лопатки	220	560	40	50	100	—	143–180
	Аустенитизация Старение	1050–1100 750, 10 ч	Воздух Воздух	До 800	240	550	40 <sup>2</sup> 30	50 <sup>2</sup> 35	75 <sup>2</sup> 59	—	143–179
	В состоянии поставки			5–25 <sup>3</sup>	230	540	25	35	—	—	—

<sup>1</sup> По согласованию сторон допускается  $\sigma_{0,2} < 210$  Н/мм<sup>2</sup> и  $\sigma_b < 500$  Н/мм<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Числитель – механические свойства образцов продольных; знаменатель – тангенциальных образцов.

<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[36]	Аустенитизация	1050–1100	Воздух	$\phi_b$ 4,5–5,0	Образцы продольные						—	143–179
					240	550	40	50	80	—		
					Образцы тангенциальные							
				$\phi_b$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[3]	Закалка	1100–1130	Воздух	Прутки продольные 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 тангенциальные	20	250	560	30	35	100	—
									300	180	480	27	27	80	—
	400	170	480	30					28	90	—				
	450	160	470	29					29	90	—				
	Режим III Закалка Старение	1100–1130 750, 12 ч	Воздух Воздух	Ротор $\phi$ 620 Образцы тангенциальные (от бочки)	500	160	470	31	33	100	—				
					550	150	450	31	31	80	—				
600					150	430	29	34	90	—					
650					150	410	29	34	90	—					
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч		1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>						
[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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_t$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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 <sup>2</sup> $K_v = 0,4$ (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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ДЦ	Аустенитизация <sup>1</sup>	1050–1100	Вода	До 90	220	520	38	50	140	—	≤ 200	
	Аустенитизация <sup>2</sup>	1090–1150	Вода									
<sup>1</sup> Режим для обработки труб пароперегревателей. <sup>2</sup> Режим для обработки паропроводов и коллекторных труб.												
<b>Назначение.</b> 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		Обрабатываемость резанием				Температура критических точек, °C						
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ.		В закаленном и отпущенном состоянии при ≤ 200 HB K <sub>v</sub> = 0,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,3 (быстрорежущая сталь)				Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>			
						—	—	—	—			

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) <sup>1</sup>
≤ 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) <sup>2</sup>
≤ 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) <sup>3</sup>
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) <sup>3,4</sup>

## Примечания.

1. Вакуумно-индукционная выплавка (ВИ) содержит азот не более 0,015% и кобальт не более 0,02%.
2. 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%.
3. 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%.
4. 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%.
5. 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%.
6. Допускается обработка металла РЗМ до 0,15% по расчету.

Механические свойства											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	Марка стали	Способ выплавки	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ТУ 14-3-219-89	Закалка	1050–1080	Вода или воздух	D <sub>n</sub> 4,0–6,0, δ 0,2–0,5	20	—	510	42	026X16H15M3Б (ЭИ 844Б)	Ш	
				D <sub>n</sub> 6,2–10,0, δ 0,2–0,7	375	157	343	25			
				D <sub>n</sub> 10,2–25,0, δ 0,2–1,0	20	245	539	35	06X16H15M3БР (ЭП 172)	ВД	
				D <sub>n</sub> 25,2–60,0, δ 0,3–1,0	650	176	392	25			
D ≤ 10 s ≥ 3	20 375	— 127	491 343	43 26	026X16H15M3БУ (ЭИ 844БУ)	ИД					
D ≥ 10 s ≥ 0,3	20 375	— 127	491 343	42 25							
D ≥ 10 s ≤ 0,3	20 375	— 127	491 343	38 21							

## 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. Испытания механических свойств труб при комнатной температуре проводят на продольных образцах по ГОСТ 10006–80, при повышенных температурах — по ГОСТ 19040–81.
4. Величина аустенитного зерна металла труб в состоянии поставки по ГОСТ 5639–82 должна соответствовать 7–10 баллу.
5. 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.
6. Для испытания на МКК и величину зерна по 1 образцу от каждой трубы.
7. 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, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Марка стали					
	Операция	t, °C	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°C.

Сталь жаропрочная аустенитного класса.

## 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

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)

<b>Марка стали</b> <b>08X16H15M3Б</b> <b>(X16H15M3Б, ЭИ 847),</b> <b>09X16H15M3Б</b> <b>(X16H15M3Б, ЭИ 847),</b> <b>06X16H15M3Б-ИД</b> <b>(ЭИ 847-ИД)</b>	<b>Вид поставки</b>  <b>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.</b>
---	--

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	08X16H15M3Б (X16H15M3Б, 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	09X16H15M3Б (X16H15M3Б, 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	06X16H15M3Б-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 08X16H15M3Б (X16H15M3Б, 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	Марка стали	Способ выплавки	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								не менее
ТУ 14-3-219-89	Закалка	1050–1080	Вода или воздух	D <sub>n</sub> 4,0–6,0, δ 0,2–0,5	20	—	539	35	08X16H15M3Б (X16H15M3Б, ЭИ 847)	Открытый, ВД, Ш	
				D <sub>n</sub> 6,2–10,0, δ 0,2–0,7							375
				D <sub>n</sub> 10,2–25,0, δ 0,2–1,0	600	—	353	24			Открытый
				D <sub>n</sub> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	Марка стали	Способ выплавки				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								не менее			
ТУ 14-159-293-2005	Закалка	1050–1080	Вода или воздух	Трубы диаметром 5,2; 7,0; 9,4; 12,0 Толщина стенки 0,20 Длина 1000	20	—	539	35	06X16H15M3Б-ИД (ЭИ 847-ИД)	ИД				
											375	157	372	20
											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/см<sup>2</sup>).
- 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	Марка стали						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								не менее					
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB									
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										не менее								
[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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч		Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>				
[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 НВ

$K_v = 0,40$  (твердый сплав),

$K_v = 0,36$  (быстрорежущая сталь)

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ТУ 14-3-207-81	Аустенитизация	1110–1150	Вода или воздух	$\phi$ 32–370  s 6–45	200	500	35	50	120	—	—

**Назначение.** Трубы пароперегревателей, паропроводов, коллекторов сосудов высокого давления для длительных сроков работы при температуре 600–650°C.

Сталь жаропрочная аустенитного класса.

**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				

<b>Свариваемость</b>	<b>Обрабатываемость резанием</b>	<b>Температура критических точек, °C</b>			
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ. Рекомендуется последующая термообработка.	После аустенитизации при $\sigma_B = 500$ Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,66 (быстрорежущая сталь)	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
		—	—	—	—

Марка стали		Вид поставки									
3X16H22B6B (ЦЖ 13)		Поковки — НД заводов-изготовителей.									
<b>Массовая доля элементов, %</b>											
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
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		не менее						
ДЦ	Аустенитизация	1150–1170	Вода		300	600	20	25	50	—	—
	Отпуск	790–810	Воздух								
<b>Назначение.</b> Обоймы газовых турбин.											
Сталь жаропрочная аустенитного класса.											
<b>Технологические характеристики</b>											
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 <sup>2</sup> $K_v = 1,0$ (твердый сплав), $K_v = 0,66$ (быстрорежущая сталь)			Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>			
					—	—	—	—			

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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
≤ 0,08	≤ 0,80	≤ 0,80	≤ 0,035	≤ 0,025	16,0–18,0	5 × C – 0,80	—	—	—	—	
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	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	—	—	—	—
<sup>1</sup> Для листов толщиной свыше 25 мм механические свойства не нормируются, определение обязательно.											
<b>Назначение.</b> 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.											
<b>Жаростойкость</b>				<b>Коэффициент чувствительности к надрезу за 10<sup>4</sup> ч</b>							
Среда	t, °С	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч	—							
Окалиностойкая до температуры 850°С.				<b>Чувствительность к охрупчиванию при старении</b>							
				Время, ч				t, °С		KCU, Дж/см <sup>2</sup>	
				Исходное состояние							
				Склонна к отпускной хрупкости после длительных выдержек при температуре 475°С.							
<b>Коррозионная стойкость</b>											
Вид коррозии		Среда		t, °С	Длительность, ч		Балл стойкости				
Общая		20–60% HNO <sub>3</sub>		20–50	—		1				
		Водный раствор аммиака		До 100	—		1				
		50–80% аммиачная селитра		Кипящая	—		1				
		Смесь HNO <sub>3</sub> + H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> + 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.									
<b>Технологические характеристики</b>											
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 <sub>b</sub> ≤ 490 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,85 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
≤ 0,12	≤ 0,80	≤ 0,80	≤ 0,025	≤ 0,035	16,0–18,0	860	—	810	—		
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	245	390	20	50	—	—	126–197
ГОСТ 7350–77	Отжиг или отпуск	760–780	Воздух или с печью	4–25 <sup>2</sup>	—	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	—	—	—	—
<sup>1</sup> 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%. <sup>2</sup> Для листов толщиной свыше 25 мм механические свойства не нормируются, определение обязательно.											
<b>Назначение.</b> 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.											
<b>Жаростойкость</b>				<b>Коэффициент чувствительности к надрезу за 10<sup>4</sup> ч</b>							
Среда	t, °С	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч	—							
Окалиностойкая до температуры 850°С.				<b>Чувствительность к охрупчиванию при старении</b>							
				Время, ч				t, °С		KCU, Дж/см <sup>2</sup>	
				Исходное состояние							
				Склонна к отпускной хрупкости после длительной выдержки при температуре 475°С.							
<b>Коррозионная стойкость</b>											
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 <sub>3</sub>		60% HNO <sub>3</sub>		20	1						
				60	2						
Точечная											
Коррозионное растрескивание											
Межкристаллитная											
<b>Технологические характеристики</b>											
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 <sub>s</sub> ≤ 490 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,85 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,35 (быстрорежущая сталь)				

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>09X17H, 09X17H-ВД, 09X17H-Ш</b>	<b>Поковки</b> — ОСТ 95-41-73, ТУ 108.11.940-87*. <b>Сортовой прокат</b> — ОСТ 95-41-73. <b>Слитки</b> — 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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[2]	Закалка	1050-1070	Масло	Пруток	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 08X17T.

**Технологические характеристики**

<b>Ковка [2]</b>		<b>Охлаждение поковок, изготовленных</b>			
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

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>14X17H2 (1X17H2, ЭИ 268)</b>	<b>Лист тонкий</b> — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–2186–77. <b>Сортовой прокат</b> — ГОСТ 5949–75, ОСТ 95–10–72. <b>Лист толстый</b> — ГОСТ 7350–77. <b>Прутки</b> — ГОСТ 18907–73, ТУ 14–1–5038–91, ТУ 108.11.853–87. <b>Поковки</b> — ГОСТ 25054–81, ОСТ 95–10–72, ОСТ 108.958.04–85. <b>Арматура трубопроводная</b> — ТУ 26–07–1165–77. <b>Крепежные детали</b> — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 5949–75	Отжиг				не менее					—	≤ 285
	Закалка	975–1040	Масло	До 60 <sup>1</sup>	835	1080	10	30	49	—	—
	Отпуск	275–350	Воздух								

<sup>1</sup> Для сечения диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. %, КСУ на 4,9 Дж/см<sup>2</sup>; от 100 до 150 мм —  $\delta$  на 3 абс. %,  $\psi$  на 10 абс. %, КСУ на 9,8 Дж/см<sup>2</sup>.

Сталь может выплавляться с применением ЭСП и ВДП.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ОСТ 95–10–72	Закалка	950–1040	Масло	До 60 <sup>1</sup>	—	—	—	—	—	20–29	229–285
	Отпуск	600–650	Масло, воздух								
	Закалка	950–1040	Масло	До 60 <sup>2</sup>	—	—	—	—	35–43	—	
	Отпуск	275–350	Масло, воздух								
	Закалка	950–1040	Масло	Не более 100 <sup>1</sup>	540	686	15	40	59	—	207–285
	Отпуск	600–680	Масло, воздух								
Закалка	950–1040	Масло	Не более 60 <sup>2</sup>	—	1079	10	—	39	—	321–415	
Отпуск	275–350	Масло, воздух									

<sup>1</sup> Испытания на МКК производится от плавки одного режима термообработки по ГОСТ 6032–2003, что оговаривается в технических требованиях чертежа.

<sup>2</sup> 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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	
	Отпуск	275-350	Воздух	Более 60	20	—	1080	8	—	30			
	Закалка	Отпуск	980-1020 680-700	Масло Воздух	До 100	20	490	685	15	40	59	—	207-285
						350	345	440	—	—	—	—	—
					Более 100	20	490	685	10	40	49	—	207-285
						350	345	440	—	—	—	—	—

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: σ<sub>0,2</sub> и σ<sub>в</sub> — на 5% каждого; δ и KCU — на 25% каждого; ψ — на 20%

б) для радиальных образцов: σ<sub>0,2</sub> и σ<sub>в</sub> — 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/мм<sup>2</sup>.

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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 18907-73	Отожженное состояние			Прутки ø 1,0-30 ø 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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	
					500	480-519	549-657	17-18	63-70	167-176	—	
	Отжиг		С переохлаждениями	Поковка диска ø 700, h=30-80, образцы тангенциальные	20	676-696	872-892	16	52-55	88-98	285	
					300	608-627	735-764	11-13	50-53	108-127	—	
	Закалка	960-980	Масло			400	598-627	735-755	11-12	45	98-118	—
						500	500-539	559-608	15	54-56	108-118	—
	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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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
										500	970-1000	1110-1200	14-15	60	54-98	363-388

14X17H2 (1X17H2, ЭИ 268)												
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [2]					Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [4]					Термообработка
t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	Тип образца			+ 20	- 20	- 40	- 60	Вид образца	
20	450	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>7</sup>									
20	284	—	10 <sup>7</sup>	С надрезом R <sub>n</sub> = 0,75 мм		71	53	53	52	Продольный		
400	265	—	10 <sup>7</sup>									
Пределы длительной прочности и ползучести												
НД	Режим термообработки			t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		2·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	2·10 <sup>3</sup>	2/10 <sup>2</sup>				
[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 <sup>2</sup>		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 <sup>-</sup> , 50 мг/кг O <sub>2</sub>		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, <math>\sigma_{0,2} \geq 539</math> Н/мм<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,60 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,30 (быстрорежущая сталь)			Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		[2]		
					730–740	845	—	—				
					720	830	700	—	[4]			

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>										
<b>02X17H11M2</b>		Лента холоднокатаная резаная в рулонах — ТУ 14–130–308–2001. Трубы стальные электросварные — ТУ 1371–009–05757850–01.										
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 14–130–308–2001</b>												
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					
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HV	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее
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	
<b>Назначение.</b> Для изготовления сварных труб и теплообменного оборудования.												
Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса.												
<b>Предел выносливости, Н/мм<sup>2</sup></b>		Термообработка		<b>Ударная вязкость, КСВ, Дж/см<sup>2</sup>, при t, °C</b>					Термообработка			
				+ 20	0	– 20	– 40	– 60				– 80
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	—		—	—	—	—	≥ 150	—	Лист. Толщина > 10 мм		
<b>Коррозионная стойкость [1]</b>												
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										
<b>Технологические характеристики [1]</b>												
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											
<b>Свариваемость</b>						<b>Обрабатываемость резанием</b>						
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД и АФ						В термически обработанном состоянии при $\sigma_b = 520$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,85$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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	—	—	—	—
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80			
—	—	—			—	—	—	—	—	—	—		
<b>Технологические характеристики</b>													
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													
<b>Свариваемость</b>				<b>Обрабатываемость резанием</b>						<b>Флокеночувствительность</b>			
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД и АФ.				В состоянии закалки при 137–143 НВ и σ <sub>в</sub> = 530 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>ν</sub> = 0,9 (твердый сплав)						Не чувствительна			
										<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>			
										Не склонна			

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>10X17H13M2T (X17H13M2T, ЭИ 448)</b>	<b>Лента</b> — ГОСТ 4986–79. <b>Лист тонкий</b> — ГОСТ 5582–75. <b>Сортовой прокат</b> — ГОСТ 5949–75. <b>Лист толстый</b> — ГОСТ 7350–77. <b>Лист двухслойный</b> — ГОСТ 10885–85. <b>Трубы</b> — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81, ГОСТ 11068–81, ТУ 14–3–586–77. <b>Проволока</b> — ГОСТ 18143–72. <b>Поковки</b> — ГОСТ 25054–81, ОСТ 95–29–72. <b>Трубная заготовка</b> — ТУ 14–1–565–84, ТУ 14–134–323–93.

**Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72**

<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>	<b>Ni</b>	<b>Ti</b>
≤ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		не менее						
ГОСТ 5949–75	Закалка	1050–1100	Воздух, масло или вода	г/к и кованая $\phi$ , $\square$ или толщина до 200, калиброванная $\phi$ 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  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. %. Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение  $\delta$  на 3 абс. %,  $\psi$  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  $\alpha$ -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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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  $\sigma_b$  на 19,6 Н/мм<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta^1$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—	—

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ОСТ 95-29-72	Аустенитизация	1020-1100	Вода или воздух	Не оговаривается	20	не менее						
						Образцы продольные						
						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 ( $\psi$ ) при 20°C. Значение  $\psi$  не менее 45%. Одновременно для заготовок деталей III и IV групп определяются относительное сужение ( $\psi$ ) и относительное удлинение ( $\delta$ ) при температуре 350°C. Значения  $\psi$  и  $\delta$  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:  $\sigma_b$  и  $\sigma_{0,2}$  на 5%;  $\delta$  и  $\psi$  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, покрышки; 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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)						
<b>Коэффициент чувствительности к надрезу за 10<sup>4</sup> ч</b>		<b>Жаростойкость [1]</b>				
—		Среда	t, °С	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч	
<b>Чувствительность к охрупчиванию при старении</b>		Жаростойкая при длительных сроках службы до температуры 600°С				
Время, ч	t, °С				КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	
Исходное состояние					—	
—	—				—	
<b>Коррозионная стойкость [1, 7]</b>						
Вид коррозии	Среда	t, °С	Длительность, ч	Балл стойкости		
Общая	Лимонная кислота, 50%	кипение	—	1		
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 25%	до 75	—	1		
	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	25%	кипение	—	1	
		40%	до 100	—	1	
Точечная	Повышенная стойкость по сравнению со сталью типа 18–8					
Коррозионное растрескивание	42% MgCl <sub>2</sub>	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					
<b>Коррозионная стойкость [27]</b>						
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	—		
<b>Технологические характеристики [1, 7]</b>						
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					
<b>Свариваемость</b>			<b>Обработываемость резанием</b>			
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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,85 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	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					—	—

<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 10<sup>4</sup> 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/см<sup>2</sup>

Исходное состояние

—

—

—

Коррозионная стойкость [1]

Вид коррозии

Среда

t, °C

Длительность, ч

Балл стойкости

Общая

Лимонная кислота 50%

Кипение

—

1

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 25%

До 75

—

1

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 25%

Кипение

—

1

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 40%

До 100

—

1

Точечная

Повышенная стойкость по сравнению со сталью типа 18-8

Коррозионное растрескивание

42% MgCl<sub>2</sub>

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/мм<sup>2</sup>  
K<sub>v</sub> = 0,9 (твердый сплав)

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>03X17H14M3 (000X17H13M2)</b>	<b>Лист тонкий холоднокатаный</b> — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–692–73, ТУ 14–3–396–75. <b>Сортовой прокат</b> — ГОСТ 5949–75. <b>Поковки</b> — ГОСТ 5949–75. <b>Листы горячекатаные</b> — ТУ 14–1–1154–74, ТУ 14–1–1541–75, ТУ 14–1–2144–77. <b>Трубы</b> — 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.**

1. По соглашению сторон содержание титана не должно превышать 0,05%.
2. Допускается присутствие вольфрама и ванадия — не более чем 0,20% каждого, если иное содержание этих элементов не оговорено в стандартах или технических условиях.
3. 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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.**

1. По согласованию потребителя с изготовителем допускается изменение режима и вида термической обработки.
2. Сталь не должна обладать склонностью к МКК.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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.**

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  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. %. Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение  $\delta$  на 3 абс. %,  $\psi$  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 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  $\alpha$ -фазы;
  - д) без проверки механических свойств и т.д.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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/см<sup>3</sup>) 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	n <sup>1</sup> , об	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
[6]	Закалка	1100	Вода	Лист	20	260	620	60	—	—	—	—	
					6,0	200	490	45	—	—	—	—	
				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	200
	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	—	

<sup>1</sup> 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			
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 300	В штабелях на воздухе
Заготовка	1180-850				

Свариваемость	Обработываемость резанием
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД и АФ	В термически обработанном состоянии при $\sigma_b = 500$ Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,85 (твердый сплав), K <sub>r</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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><b>Назначение.</b> Для изготовления колонн синтеза мочевины, так как использование для этих целей сталей с более низким содержанием никеля обычно приводит к избирательной коррозии по участкам <math>\delta</math>-феррита. Сталь также применяется в теплоэнергетике (в сварных конструкциях).</p> <p>Сталь стабильноаустенитная.</p>											
<b>Коррозионная стойкость [15]</b>											
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.										
<b>Технологические характеристики</b>											
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	—										
<b>Свариваемость</b>						<b>Обрабатываемость резанием</b>					
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД и АФ						В состоянии закалки при $\sigma_B = 520$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,85$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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	—	—	—	—
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—			
<b>Назначение.</b> 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.														
<b>Жаростойкость</b>				<b>Коэффициент чувствительности к надрезу за 10<sup>4</sup> ч</b>										
Среда	t, °С	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч	—										
По жаростойкости близка к стали 015X18M2Б-ВИ				<b>Чувствительность к охрупчиванию при старении</b>										
				Время, ч		t, °С	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>							
				Исходное состояние		300								
				До температуры 300°С не претерпевает структурных превращений. Склонна к охрупчиванию при 475°С.										
<b>Коррозионная стойкость</b>														
Вид коррозии		Среда			t, °С	Длительность, ч			Балл стойкости					
Общая		По коррозионным свойствам близка к стали 015X18M2Б-ВИ												
Точечная														
Коррозионное растрескивание														
Межкристаллитная														
<b>Технологические характеристики</b>														
Температурные параметрыковки, °С				Свариваемость					Обрабатываемость резанием					
1160–850				Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД и РАД.					В состоянии отжига при 180 НВ и σ <sub>b</sub> = 392 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,83 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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><b>Назначение.</b> 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 10 <sup>4</sup> 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													
Пар	700	0,0010	3000	Исходное состояние				255–363								
	800	0,0066	3000													
Продукты сгорания природного газа: 13% CO <sub>2</sub> , 11% H <sub>2</sub> O, 3% O <sub>2</sub> , 0,15% SO <sub>2</sub> , остальное N <sub>2</sub>	800	0,0068	3000	3000 3000				350 450				118–216 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 <sub>2</sub>			154	1000		Трещин не обнаружено									
	25% NaCl + 0,5% K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>			200	1000		Трещин не обнаружено									
	200 мг/кг Cl <sup>-</sup> , 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 <sub>b</sub> = 480 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,75 (быстрорежущая сталь)								

Марка стали		Вид поставки													
03X18Ю3БТ, 03X18Ю3БТ-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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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%.															
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>															
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—				
<b>Назначение.</b> 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.															
<b>Жаростойкость</b>															
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 <sub>2</sub> , 13–14% CO <sub>2</sub> , 4–4% O <sub>2</sub> , 8–10% H <sub>2</sub> O, остальное N <sub>2</sub>		1000		2000		0,0020									
		1200		1000		0,0103									
		1200		2000		0,0130									
<b>Технологические характеристики</b>															
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 <sub>в</sub> = 440 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,9 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,6 (быстрорежущая сталь)							
Технологии вальцовки, резки и гибки															
Предварительный прогрев до 100–200°С															

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>09X18H9</b>	<b>Лист</b> — ТУ 14-1-3409-82, ТУ 108-11-328-78. <b>Сортовой прокат</b> — ТУ 14-1-1288-75*. <b>Покówki</b> — ТУ 14-1-1288-75*. <b>Трубы</b> — 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ТУ 14-3-760-78	В состоянии поставки термообработанные			φ <sub>н</sub> 16 s 1,4 и 2,5 φ <sub>н</sub> 18 s 2,0 φ <sub>н</sub> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
ТУ 14-3-1233-84	Холоднодеформированные трубы в термически обработанном состоянии			φ <sub>н</sub> 16 s 1,4; 2,0; 2,5 φ <sub>н</sub> 20 s 1,4; 2,0 φ <sub>н</sub> 25 s 2,0; 2,5 φ <sub>н</sub> 28 s 2,8 φ <sub>н</sub> 32 s 3,5 φ <sub>н</sub> 35 s 9,0 φ <sub>н</sub> 38 s 11,0	20	196	490	40	—	—	—	—	
					600	98	294	22	—	—	—	—	
													φ <sub>н</sub> 46 s 9,0 φ <sub>н</sub> 48 s 4,0 φ <sub>н</sub> 50 s 4,0 φ <sub>н</sub> 55 s 10,0 φ <sub>н</sub> 56 s 3,0 φ <sub>н</sub> 70 s 12,0 φ <sub>н</sub> 89 s 4,5

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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup>.
3. Допускается поставка не более 20% листов с пределом текучести не более 343 Н/мм<sup>2</sup> 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/мм<sup>2</sup>; при температуре 300°C — не менее 157 Н/мм<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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  $\alpha$ -фазы 1–4%.

## Механические свойства при различных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	Обработываемость резанием
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ	В закаленном состоянии при 169 HB и $\sigma_B = 608$ Н/мм <sup>2</sup> $K_r = 0,85$ (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).

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
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 хромю ± 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										не менее				
ТУ 108.11. 937-87	Аустенитизация	1050-1070	Воздух	Поковки.	20	195	490	45	55	—	—	—					
				Толщина	300	125	295	30	50	—	—	—					
				от 60 до 300	400	120	295	30	50	—	—	—					
					530	100	295	30	50	—	—	—					
				Листы.	20	195	490	50	50	—	—	—	—				
				Толщина	300	125	325	30	50	—	—	—	—				
				от 16 до 160	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч						
				1-10	1-10 <sup>2</sup>	0,1/25	0,2/10 <sup>2</sup>	0,3/10 <sup>2</sup>	1/10 <sup>2</sup>	0,5/(5-10 <sup>2</sup> )	1/10 <sup>3</sup>	
[16]	Закалка с 1080-1130°C, вода	Листы	704	130	100	—	—	—	—	—	—	
			815	60	44	—	—	—	—	—	—	
	Закалка с 1050°C, вода	Прутки ø 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 <sup>2</sup>		$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>		$\delta$ , %		$\delta_p$ , %		$\psi$ , %	
		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 <sup>2</sup> [16]			Термообработка	Жаростойкость [16]			
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч
20	270	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>-</sup> , 50 мг/кг O <sub>2</sub>	350	Разрушение через 300–700 ч	Напряжение выше предела текучести $\sigma_{0,2}$
	Вода, содержащая 100 г/кг Cl <sup>-</sup> , 450 мг/кг O <sub>2</sub>	310	Разрушение через 10–300 ч	Напряжение 294–392 Н/мм <sup>2</sup>
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 <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав)
--	--

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>12X18H9 (X18H9)</b>	<b>Лента</b> — ГОСТ 4986–79. <b>Лист</b> — ГОСТ 5582–75, ГОСТ 7350–77. <b>Сортовой прокат</b> — ГОСТ 5949–75. <b>Трубы</b> — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81. <b>Проволока</b> — ГОСТ 18143–72. <b>Прутки</b> — ГОСТ 18907–73. <b>Поковки</b> — ГОСТ 25054–81, ОСТ 108.958.04–85. <b>Трубная заготовка</b> — ТУ 14–1–565–84. <b>Трубки (капиллярные)</b> — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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  $\sigma_b$  не менее 1200 Н/мм<sup>2</sup>.
- 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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						
	Закалка				Образцы поперечные						
	1050–1080				195	540	38	—	—	—	—
	Вода или воздух				Прокат с повышенными значениями механических свойств (образцы поперечные)						
Нагартованное состояние			—	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  $20_{-10}^{+15}$  °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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 5949-75	Закалка	1050-1100	Воздух, масло или вода	г/к и кованая $\phi$ , $\square$ или толщина до 200 калиброванная $\phi$ 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  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. %.

Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение  $\delta$  на 3 абс. %,  $\psi$  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  $\alpha$ -фазы;

д) без проверки механических свойств и т.д.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 9940-81	В состоянии поставки термообработанные			$\phi$ 57-325 s 3,5-32	—	529	40	—	—	—	—

## Примечания.

1. Для труб с соотношением  $D_n/s$ , равным или менее 8, допускается снижение  $\sigma_b$  на 19,6 Н/мм<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ГОСТ 9941-81	В состоянии поставки термообработанные			$\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ГОСТ 14162-79	Термообработанные Нагартованные			$\phi_n^1$ 0,3-5,0	Механические свойства устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем							
<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta^1$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	Класс								
ГОСТ 18143-72	Термообработанная Холоднотянутая			1 класс 2 класс	$\phi$ 0,2-1,0 $\phi$ 1,1-3,0 $\phi$ 3,4-6,0	— — —	540-830 540-830 1130-1470	25 20 —	— — —	— — —	— — —	
<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ГОСТ 18907-73	Отожженное состояние Термообработка на заданную прочность Нагартованное состояние			$\phi$ 1,0-30 $\phi$ 1,0-30 $\phi$ 1,0-5,0 $\phi$ 5,0-30	Механические свойства по ГОСТ 5949-75							
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
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 ( $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ ), 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 $\phi$ 200 г/к до $\phi$ 230	—	530	40	—	—	—	—

## Примечания.

1. Термической обработке подвергают пробы сечением (по  $\phi$  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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [4]			Состояние стали	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [4]			Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	– 40	– 78	
490	—	79·10 <sup>6</sup>	$\sigma_b = 1450$ Н/мм <sup>2</sup>	330	314	307	Пруток $\phi$ 20. Закалка 1150°C, вода
				333	—	333	Пруток $\phi$ 22. Закалка 1100°C, вода
				183	—	165	Состояние поставки ( $\sigma_{0,2} = 245$ Н/мм <sup>2</sup> )

12X18H9 (X18H9)																
Механические свойства при повышенных температурах																
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	Степень обжатия, %	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %									
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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>4</sup>
[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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>					
[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 <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав)			

Марка стали	Вид поставки
<b>12X18H9T (X18H9T)</b>	<b>Сортовой прокат</b> — ГОСТ 5949–75. <b>Лист толстый</b> — ГОСТ 7350–77. <b>Проволока</b> — ГОСТ 18143–72. <b>Прутки</b> — ГОСТ 18907–73. <b>Поковки</b> — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 5949–75	Закалка	1020–1100	Воздух, масло или вода	г/к и кованая $\phi$ , □ или толщина до 200, калиброванная $\phi$ 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  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. %. Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение  $\delta$  на 3 абс. %,  $\psi$  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  $\alpha$ -фазы;
  - без проверки механических свойств и т.д.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta^1$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	Класс								
ГОСТ 18143–72	Термообработанная			1 класс	$\phi$ 0,2–1,0	—	590–880	25	—	—	—	—
				2 класс	$\phi$ 1,1–3,0	—	590–880	20	—	—	—	—
	Холоднотянутая				$\phi$ 3,4–7,5	—	1130–1470	—	—	—	—	

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ ), 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\psi$ ) при 20°C. Значение  $\psi$  не менее 45%. Одновременно для заготовок деталей III и IV групп определяются относительное сужение ( $\psi$ ) и относительное удлинение ( $\delta$ ) при температуре 350°C. Значения  $\psi$  и  $\delta$  при 350°C не являются сдаточными, 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:  $\sigma_b$  и  $\sigma_{0,2}$  на 5%;  $\delta$  и  $\psi$  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).

<b>12X18H9T (X18H9T)</b>
--------------------------

**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 <sup>2</sup>					Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [4]					Термообработка
НД	t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 70	
[1]	—	196–335	132	10 <sup>7</sup>	ПС						Прутки сечением 15–25 мм Закалка 1050°C, вода $\sigma_{0,2} = 280$ Н/мм <sup>2</sup> , $\sigma_B = 620$ Н/мм <sup>2</sup>
[2]	20	279	—	10 <sup>7</sup>	ПС	250	—	—	—	250	
	400	211	—	10 <sup>7</sup>							
	500	201	—	10 <sup>7</sup>							
	600	196	—	10 <sup>7</sup>							

НД	t, °C	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>				N	Термообработка	
			$\sigma_{-1}$						$\tau_{-1}$
			Образец гладкий	Образец с надрезом R <sub>n</sub> = 0,2 мм	После обработки <sup>1</sup>				
					Образец гладкий	Образец с надрезом R <sub>n</sub> = 0,2 мм			
[5]	20	678	285	245	485	355	—	10 <sup>7</sup>	Нагрев до 1100°C, вода. Отпуск при 650°C, 7 ч, воздух
	200	510	225	235	345	255	—	10 <sup>7</sup>	
	400	508	215	205	325	245	—	10 <sup>7</sup>	
	500	484	205	135	315	195	—	10 <sup>7</sup>	
	600	473	205	135	265	185	—	10 <sup>7</sup>	
	700	—	—	115	—	165	—	10 <sup>7</sup>	

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	n <sup>1</sup> , об	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[5]	Закалка	1150	Вода	100	900	—	91	36	70	230	—	—
	Содержание $\delta$ -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 $\delta$ -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	—			

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , 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	1050	Воздух	Исходное состояние		278	580	62	76	223	—	
				550	5000	260	600	66	76	212	—	
600				5000	294	600	56	73	175	—		
Нагрев	700, 20 ч	Воздух	650	500	280	600	55	62	142	—		

Пределы длительной прочности и ползучести				
НД	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	
[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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>	Воздух	650	0,0022	4500	
Исходное состояние		245	Воздух	750	0,015	1500	
10000	500	186	Продукты сгорания природного газа: 3,2% CO <sub>2</sub> , 17,55% O <sub>2</sub> , 76,72% N <sub>2</sub> , 3,5% H <sub>2</sub> O, 0,03% SO <sub>2</sub>	670–680	0,098	12500	
20000	550	220					
10000	600	216	Продукты сгорания природного газа: 4,5% CO <sub>2</sub> , 0,3% SO <sub>2</sub> , 6% H <sub>2</sub> 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 <sup>-</sup> , 0,3–6,0 мг/кг O <sub>2</sub>			350	1000	1	
	Морская вода			20	3000	1	
Точечная	Морская вода			—	13000	3	
Коррозионное растрескивание	Вода, содержащая 200 мг/кг Cl <sup>-</sup> ; 0,3–6,0 мг/кг O <sub>2</sub>			350	Разрушение через 500–700 ч	Напряжение выше предела текучести	
	42% MgCl <sub>2</sub>			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 <sub>в</sub> = 608 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,85 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	0,05–0,2	0,2–2,0	—	780	8	—	—	—	—	
				—	780	15	—	—	—	—	
Нагартованная	0,05–0,2	0,2–2,0	—	980	3	—	—	—	—		
			—	980	5	—	—	—	—		
Высоконагартованная	0,05–0,2	0,2–2,0	—	1130	2	—	—	—	—		
			—	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 <sup>1</sup>	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			—	—	1080–1420	—	—	—	—	—

17X18H9 (2X18H9)		Механические свойства при комнатной температуре											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
												не менее	
ГОСТ 18907-73	Термообработанная			1,0-30	—	590-880	20	—	—	—	—		
	Нагартованная			1,0-5,0	—	930	—	—	—	—	—		
				5,0-30	—	880	—	—	—	—	—		
<sup>1</sup> Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается понижение $\delta$ на 1%, $\psi$ на 5%; от 100 до 150 мм – $\delta$ на 3%, $\psi$ на 10%.													
<b>Назначение.</b> Сварные детали и конструкции различного назначения. Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса.													
Ударная вязкость прутков, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup> , $\sigma_B = 710$ Н/мм <sup>2</sup>									
<b>Жаростойкость</b>				<b>Коэффициент чувствительности к надрезу за 10<sup>4</sup> ч</b>									
Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч	—									
Окалиностойкая до температуры 800°C				<b>Чувствительность к охрупчиванию при старении</b>									
				Время, ч		t, °C		КСУ, Дж/см <sup>2</sup>					
				Исходное состояние								—	
				—		—		—					
<b>Коррозионная стойкость</b>													
Вид коррозии		Среда		t, °C	Длительность, ч		Балл стойкости						
Общая		0,5-99% раствор HNO <sub>3</sub>		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.											
<b>Технологические характеристики</b>													
Температурные параметры ковки, °C			Свариваемость				Обрабатываемость резанием						
1200-800			Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД и РАД.				—						

Марка стали	Вид поставки
<b>08X18H10</b> <b>(0X18H10)</b>	<b>Лента</b> — ГОСТ 4986–79. <b>Лист тонкий</b> — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–2186–77. <b>Сортовой прокат</b> — ГОСТ 5949–75. <b>Лист толстый</b> — ГОСТ 7350–77. <b>Трубы</b> — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81, ГОСТ 11068–81. <b>Проволока</b> — ГОСТ 18143–72. <b>Прутки</b> — ГОСТ 18907–73. <b>Поковки</b> — ГОСТ 25054–81. <b>Трубная заготовка</b> — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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						
	Образцы поперечные				205	510	45	—	—	—	—
	Прокат с повышенными значениями механических свойств (образцы поперечные)				—	740–930	25	—	—	—	—
	Нагартованное состояние				—	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 5949-75	Закалка	1050-1100	Воздух, масло или вода	г/к и кованая $\phi$ , $\square$ или толщина до 200 калиброванная $\phi$ 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  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. %.

Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение  $\delta$  на 3 абс. %,  $\psi$  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  $\alpha$ -фазы;
- без проверки механических свойств и т.д.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 9940-81	В состоянии поставки термообработанные			$\phi$ 57-325 s 3,5-32	—	510	40	—	—	—	—

## Примечания.

1. Для труб с соотношением  $D_n/s$ , равным или менее 8, допускается снижение  $\sigma_B$  на 19,6 Н/мм<sup>2</sup>.

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.

08X18H10 (0X18H10)				Механические свойства							
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 9941-81	В состоянии поставки термообработанные			$\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 11068-81	В состоянии поставки			$\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta^1$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	Класс								
ГОСТ 18143-72	Проволока				$\phi$ 0,2-1,0	—	590-880	25	—	—	—	—
	Термообработанная			1 класс								
	Термообработанная			2 класс	$\phi$ 1,1-3,0	—	590-880	20	—	—	—	—
Холоднотянутая				$\phi$ 3,4-6,0	—	1130-1470	—	—	—	—	—	—

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 18907-73	Отожженное состояние			$\phi$ 5,0-30	Механические свойства по ГОСТ 5949-75						
	Термообработка на заданную прочность			$\phi$ 1,0-30	—	640-780	20	—	—	—	—
	Нагартованное состояние			$\phi$ 1,0-5,0	—	930	—	—	—	—	—
				$\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ ), 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 <sup>2</sup> , при t, °C [1]			Состояние поставки
НД	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	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 <sup>2</sup> K <sub>r</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>r</sub> = 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 <sup>1</sup>
≤ 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 <sup>2,3</sup>
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 <sup>1</sup>
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 <sup>2,3</sup>
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 <sup>1</sup>
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 <sup>2,3</sup>

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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<sub>1</sub>, 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  $\phi_{\text{внутр}}$  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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	Способ выплавки	Марка стали
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда							
ТУ 14–3–219–89	Закалка	1050–1080	Вода или воздух	D <sub>n</sub> 4,0–6,0, $\delta$ 0,2–0,5	—	529	40	—	Открытый	03X18H10T
				D <sub>n</sub> 6,2–10,0, $\delta$ 0,2–0,7	—	529	40	—		06X18H10T
				D <sub>n</sub> 10,2–25,0, $\delta$ 0,2–1,0 D <sub>n</sub> 25,2–60,0, $\delta$ 0,3–1,0	—	549	40	—		09X18H10T

## 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/мм<sup>2</sup>  
K<sub>r</sub> = 1,0 (твердый сплав),  
K<sub>r</sub> = 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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  $\alpha$ -фазы;
  - д) без проверки механических свойств и т.д.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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							
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) — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 9940-81	В состоянии поставки термообработанные			$\phi$ 57-325	—	510	40	—	—	—	—
				s 3,5-22							

Примечания.

1. Для труб с соотношением  $D_w/s$ , равным или менее 8, допускается снижение  $\sigma_b$  на 19,6 Н/мм<sup>2</sup>.
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 9941-81	В состоянии поставки термообработанные			$\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 10498-82	В состоянии поставки			$\phi$ 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 P<sub>1</sub>, 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 11068-81	В состоянии поставки термообработанные			$\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 14162-79	Термообработанные			$\phi_n$ 0,3-5,0	—	529	37	—	—	—	—
	Нагартованные			$\phi_n$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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
					350	137	—	—	—	—	—	—
	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	—	—	—	—	—	—

Примечания.

1. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для σ<sub>0,2</sub>, σ<sub>в</sub>, 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ГОСТ 24030-80	В состоянии поставки термообработанные			φ <sub>н</sub> 6-76	20	Группа А (повышенной точности прокатки)						
					350	176-323	549	37	—	—	—	—
				φ <sub>н</sub> 76-273	20	—	549	37	—	—	—	—
					350	176-333	—	—	—	—	—	—
				φ <sub>н</sub> 76-325	20	—	549	37	—	—	—	—
					350	176-343	—	—	—	—	—	—
	В состоянии поставки термообработанные			φ <sub>н</sub> 6-76	Группа Б (нормальной точности прокатки)							
					20	147	549	37	—	—	—	—
				φ <sub>н</sub> 76-273	350	176-343	—	—	—	—	—	—
					20	—	549	37	—	—	—	—
				φ <sub>н</sub> 76-325	350	176-343	—	—	—	—	—	—
					20	—	549	37	—	—	—	—

**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  $\sigma_b$  должно быть не менее 490 Н/мм<sup>2</sup>.
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ОСТ 95–29–72	Аустенитизация	1020–1100	Вода или воздух	20	20	226	490	37	45	—	—	—
				350	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 ( $\psi$ ) при 20°C. Значение  $\psi$  не менее 45%. Одновременно для заготовок деталей III и IV групп определяются относительное сужение ( $\psi$ ) и относительное удлинение ( $\delta$ ) при температуре 350°C. Значения  $\psi$  и  $\delta$  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:  $\sigma_b$  и  $\sigma_{0,2}$  на 5%;  $\delta$  и  $\psi$  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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ОСТ 108.109.01–92	В состоянии поставки термообработанные			До 200 <sup>1</sup>	195	490	38	40	—	—	—
				Свыше 40 до 200 <sup>2</sup>	195	490	35	40	—	—	—
				Свыше 200 до 450 <sup>2</sup>	195	490	35	40	—	—	—

<sup>1</sup> Сортовой прокат, поковки.

<sup>2</sup> Ковано-катаный лист, плиты, поковки.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ТУ 14-3-760-78	В состоянии поставки			$\phi_n$ 16 s 1,4 и 2,5;	20	—	549	35	—	—	—	—
					$\phi_n$ 25, s 2,5	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[1, 4]	Закалка	1050-1100	Вода	Прутки $\phi$ 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>	
[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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		5·10	1·10 <sup>2</sup>	2·10 <sup>2</sup>	5·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	5·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>
[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	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 <sup>2</sup> , на базе (2–4)·10 <sup>7</sup> циклов [1]			НД	Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч
t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$					
20	290	—	[1, 7]	Воздух	750	0,013	1000
100	255	—		Воздух + 0,3% SO <sub>2</sub>	750	0,017	1000
				Воздух + 0,3% SO <sub>2</sub> + 6% H <sub>2</sub> O	750	0,038	1000
				Воздух + 1% SO <sub>2</sub>	750	0,022	1000
150	225	—		Воздух + 5% SO <sub>2</sub>	750	0,11	1000
250	208	—	[16]	Воздух	800	0,03	100
					900	0,20	100
					1000	1,20	100
					1100	3,30–9,00	100
350	196	—	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 <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> , 10 г/кг NH <sub>3</sub> , 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 <sup>-</sup> , 0,3–6,0 мг/кг O <sub>2</sub>			350	3000	1	
	40% HNO <sub>3</sub>			20 ÷ t <sub>кнп</sub>	—	1	
	5–90% уксусная кислота			20 ÷ 75	—	1	
	10–65% фосфорная кислота			20 ÷ 80	—	1	
	1–20% NaCl			20 ÷ t <sub>кнп</sub>	—	1	
	Насыщенный раствор NaCl			20 ÷ t <sub>кнп</sub>	—	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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда											
ГОСТ 5582–75	Умягчающая термообработка			x/k 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			20	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 5949–75	Закалка	1020–1100	Вода, масло или воздух	г/к и кованая $\phi$ , □ или толщина до 200, калиброванная $\phi$ 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  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. %. Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение  $\delta$  на 3 абс. %,  $\psi$  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 $\alpha$ -фазы; д) без проверки механических свойств и т.д.											
Пределы длительной прочности и ползучести											
НД	Режим термообработки			t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , (неразрушающее напряжение) за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>				
ГОСТ 5949–75	Закалка	1050–1100	Воздух или вода	600	147	108	73,5				
	Старение	800, 10 ч	Воздух	650	78–98	—					
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		не менее						
ГОСТ 7350–77	Закалка	1000–1080	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).											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		не менее						
ГОСТ 9940–81	В состоянии поставки термообработанные			$\phi$ 57–325 s 3,5–32	216	529	40	—	—	—	—
Примечания. 1. Для труб с соотношением $D_n/s$ , равным или менее 8, допускается снижение $\sigma_b$ на 19,6 Н/мм <sup>2</sup> . 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		не менее						
ГОСТ 9941–81	В состоянии поставки термообработанные			$\phi$ 5–273 s 0,2–22	216	549	35	—	—	—	—
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 11068-81	В состоянии поставки			$\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 14162-79	Термообработанные			$\phi_n$ 0,3-5,0	—	549	35	—	—	—	—
	Нагартованные			$\phi_n$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	Класс								
ГОСТ 18143-72	Проволока				$\phi$ 0,2-1,0 $\phi$ 1,1-3,0 $\phi$ 3,4-7,5	не менее или в пределах						
	Термообработанная			1 класс		—	540-830	25	—	—	—	—
	Холоднотянутая			2 класс		—	540-830	20	—	—	—	—

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	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 5,0-30	— —	930 880	— —	— —	— —	— —	— —

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	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	—		

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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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	Гайки, плоские подкладные шайбы выпуклые и вогнутые, сферические шайбы						
					350	137	—	—	—	—	—	—

Примечания.

- При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_B$ ,  $\delta$ ,  $\psi$  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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\sigma_B$ ,  $\sigma_{0,2}$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ ), 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\psi$ ) при 20°C. Значение  $\psi$  не менее 45%. Одновременно для заготовок деталей III и IV групп определяются относительное сужение ( $\psi$ ) и относительное удлинение ( $\delta$ ) при температуре 350°C. Значения  $\psi$  и  $\delta$  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:  $\sigma_{в}$  и  $\sigma_{0,2}$  на 5%;  $\delta$  и  $\psi$  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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ОСТ 108.109.01–92	В состоянии поставки термообработанные			До 200 <sup>1</sup>	не менее				—	—	
					195	490	38	40			
					Свыше 40 до 200 <sup>2</sup>	195	490	35			40
				Свыше 200 до 450 <sup>2</sup>	195	490	35	40	—	—	

<sup>1</sup> Сортовой прокат, поковки.

<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>						Тип образца	Пределы длительной прочности и ползучести					
НД	t, °C	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		НД	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч	Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч		
[2]	20	—	279	—	10 <sup>7</sup>	Гладкий	[1, 2]	500	245	196	—	
	400	—	211	—	10 <sup>7</sup>			550	186–235	137–196	—	
	500	—	201	—	10 <sup>7</sup>			600	132–167	98–127	74–78	
	600	—	196	—	10 <sup>7</sup>			650	64–103	44–74	—	
[5]	20	680	285	—	10 <sup>7</sup>	Гладкий	[5]	700	53–71	34–44	—	
	200	510	225	—	10 <sup>7</sup>			500	250	200	—	
	400	505	215	—	10 <sup>7</sup>			525	210	170	—	
	500	480	205	—	10 <sup>7</sup>			550	190	150	—	
	600	470	200	—	10 <sup>7</sup>			565	155	130	—	
	20	680	245	—	10 <sup>7</sup>			С надрезом (R <sub>n</sub> = 0,2 мм)	600	135	100	—
	200	510	235	—	10 <sup>7</sup>				625	110	80	—
	400	505	205	—	10 <sup>7</sup>				650	80	60	—
500	480	135	—	10 <sup>7</sup>	700	55	40		—			
600	470	135	—	10 <sup>7</sup>								

#### Механические свойства в зависимости от температуры испытания

НД	Режим термообработки			t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 $\delta$ -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		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	$t_{отп}$ , °C		$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>				
t, °C	t, 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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		5-10	1·10 <sup>2</sup>	2·10 <sup>2</sup>	5·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	5·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>
[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 <sup>4</sup> ч [1, 2]			Среда	t, °C	Привес, г/(м <sup>2</sup> ·ч)	База испытаний, ч	Группа или балл стойкости
> 1,0			Воздух	650	—	—	2–3
				750	—	—	4–6
Чувствительность к охрупчиванию при старении [1]			Воздух	800	0,03	100	—
Время, ч	t, °C	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>		900	0,20	—	—
Исходное состояние		274	1000	1,20	—	—	—
5000	600	186–206	1100	3,3–9,0	—	—	—
5000	650	176–196	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.				
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 <sub>2</sub> ; 17,6% O <sub>2</sub> ; 76,7% N <sub>2</sub> ; 3,5% H <sub>2</sub> O; 0,03% SO <sub>2</sub> )		670–680	0,1	—	
		Газ (4,5% CO <sub>2</sub> ; 0,03% SO <sub>2</sub> ; 6% H <sub>2</sub> 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 $\sigma_b = 608$ Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,60 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,35 (быстрорежущая сталь)			

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>08X18H12Б (ЭИ 402)</b>	<b>Лист тонкий</b> — ГОСТ 5582–75. <b>Лист толстый</b> — ГОСТ 7350–77. <b>Пруток</b> — ГОСТ 5945–75. <b>Труба горячедеформированная</b> — ГОСТ 9940–81. <b>Труба холодно-теплodeформированная</b> — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
		1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	
[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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_t$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>1</sup>	1160–900							
<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup> $K_v = 0,6$ (твердый сплав), $K_v = 0,35$ (быстрорежущая сталь)				

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>08X18H12T</b>	<b>Лист</b> — ГОСТ 5582–75, ГОСТ 7350–77. <b>Трубы</b> — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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  $\sigma_b$  на 19,6 Н/мм<sup>2</sup>.
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 9941-81	В состоянии поставки термообработанные			$\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	Изгиб	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ТУ 3-316-87	Термообработанные трубы			$\phi$ 560, s 34; $\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>			N	Наклеп кручением, %	Термообработка
			$\sigma_{-1}$		$\tau_{-1}$			
			Образец гладкий	Образец с кольцевым надрезом, угол 60°, R <sub>n</sub> = 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч							
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>							
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>2</sub> ; 17,2% O <sub>2</sub> ; 76% N <sub>2</sub> ; 3,5% H <sub>2</sub> O; 0,03% SO <sub>2</sub> )			675	0,1		Стойкая			
		Газ (4,5% CO <sub>2</sub> ; 0,3% SO <sub>2</sub> ; 6% H <sub>2</sub> 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 <sub>в</sub> = 510 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. %.

Для сечения диаметром или толщиной свыше 100 до 150 мм допускается понижение  $\delta$  на 3 абс. %,  $\psi$  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  $\alpha$ -фазы;
- без проверки механических свойств и т.д.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 9940-81	В состоянии поставки термообработанные			ø 57-325 s 3,5-22	—	529	40	—	—	—	—

Примечания.

1. Для труб с соотношением  $D_n/s$ , равным или менее 8, допускается снижение  $\sigma_B$  на 19,6 Н/мм<sup>2</sup>.
2. По требованию потребителя проводят определение  $\sigma_{0,2}$ .
3. Нормы  $\sigma_{0,2}$  устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем.
4. По требованию потребителя 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 9941-81	В состоянии поставки термообработанные			ø 5-273 s 0,2-22	—	549	35	—	—	—	—

Примечания.

1. Механические свойства труб должны соответствовать нормам, указанным в таблице выше.
2. Нормы  $\sigma_{0,2}$  для труб 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.

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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 14162-79	Термообработанные			ø <sub>n</sub> 0,3-5,0	—	510	26	—	—	—	—
	Нагартованные			ø <sub>n</sub> 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.

12X18H12T (X18H12T)				Механические свойства								
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\psi$ ) при 20°C. Значение  $\psi$  не менее 45%. Одновременно для заготовок деталей III и IV групп определяются относительное сужение ( $\psi$ ) и относительное удлинение ( $\delta$ ) при температуре 350°C. Значения  $\psi$  и  $\delta$  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:  $\sigma_b$  и  $\sigma_{0,2}$  на 5%;  $\delta$  и  $\psi$  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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ТУ 14–ЗР–55–2001	Аустенитизация	1100–1200	Воздух или вода	$\phi_n$ 76–325	216–392	539–686	35	55	—	—	≤ 190
				s 4,5–32 <sup>1</sup>							
				$\phi_n$ 10–89							
				s 2–8 <sup>2</sup>							

<sup>1</sup> Размеры горячедеформированных труб.

<sup>2</sup> Размеры холодно- и теплodeформированных труб.

#### Пределы длительной прочности

НД	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч	
		1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>
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)												
<b>Назначение.</b> 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. Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ–7–008–89). Сталь коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная аустенитного класса.												
Механические свойства в зависимости от температуры испытания												
НД	Режим термообработки			t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	
Механические свойства при различных температурах												
НД	Режим термообработки			t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [2, 4]			Тип образца	Пределы длительной прочности и ползучести								
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		НД	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч				
						1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>				
270	—	10 <sup>7</sup>	Гладкий. $\sigma_b = 630$ Н/мм <sup>2</sup>	[4]	600	132–167	98–127	74–78				
					700	53–71	34–44	—				
113	—	10 <sup>7</sup>	С надрезом. Кольцевой надрез с R <sub>n</sub> = 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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_t$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>				
Исходное состояние			294			
10000	600	206	Продукты сгорания экибастузского угля	650	0,078	10000
10000	650	216–225				
10000	700	206–235		700	0,192	10000
3000	750	225				
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			Обработываемость 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 <sup>2</sup> $K_v = 0,6$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
ТУ 14-1-2075-77	Закалка	1080	Воздух	Листы 4-11 <sup>1</sup>	—	500	40	—	—	—	—		
	Закалка	1130-1150	Воздух	Прутки 40-120 <sup>2</sup>	340	600	28	35	—	—	—		
<sup>1</sup> Поперечные образцы.													
<sup>2</sup> Продольные образцы.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80			
—	—	—			—	—	—	—	—	—	—		
Механические свойства при различных температурах							Жаростойкость						
t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	σ <sub>100</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Среда	t, °С	Увеличение массы, г/м <sup>2</sup>	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		1000	48	—	1500		
900	100	110	73	77	110	12			19	—	100		
1000	50	60	77	74	120	8			45	—	500		
1100	25	30	94	56	60	7			100	—	1500		
									135	—	2000		
Прутки. Продольные образцы. Нагрев до 1150°С, воздух.									1100	55	—	100	
								120		—	500		
								1100	270	—	1500		
<b>Коррозионная стойкость</b>													
Вид коррозии		Среда						t, °С	Длительность, ч	Балл стойкости			
Общая													
Точечная													
Коррозионное растрескивание													
Межкристаллитная													
<b>Технологические характеристики</b>													
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													
<b>Свариваемость</b>			<b>Обрабатываемость резанием</b>					<b>Флокочувствительность</b>					
Удовлетворительно свариваемая. Способ сварки: РАД.			В состоянии поставки при σ <sub>b</sub> = 600 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,5 (быстрорежущая сталь)					Не чувствительна					
								<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>					
								—					

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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в*}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—	—	—	
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч							
Релаксационная стойкость [2]						1·10 <sup>3</sup>	3·10 <sup>3</sup>	7·10 <sup>3</sup>					
t, °C	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , ч											
		1000			350	148	148						
500	245-294	167			500	137	127						
550		147			550	113	113						
600		245			600	98	88						
Механические свойства в зависимости от температуры испытания													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в*}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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			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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 5949–75	Закалка	1000–1150	Воздух, масло, вода	До 60 <sup>1</sup>	345	640	25	40	—	—	—
<sup>1</sup> 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%.											
<b>Назначение.</b> Головки форсунок, детали печных конвейеров. Сталь пригодна для длительной работы в ненагруженном состоянии. Сталь жаростойкая аустенитного класса.											
Жаростойкость				Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>	
				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 <sub>b</sub> = 650 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,9 (быстрорежущая сталь)			

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>										
<b>31X19H9MBET (ЭИ 572)</b>		<b>Сталь сортовая и калиброванная — ГОСТ 5949–75. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78.</b>										
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72</b>												
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

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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.

<b>Пределы длительной прочности и ползучести</b>								
НД	Режим термообработки			t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , (неразрушающее напряжение) за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>	
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	КП
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
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.

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 625°C при условном давлении  $P_y$  (Н/мм<sup>2</sup>) не ограниченном.

<b>Релаксационная стойкость</b>							
t, °C	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время t, ч					HB
		100	500	1000	3000	4000	
560	200	155	147	144	139	—	Свыше 207
560	200 <sup>1</sup>	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	

<sup>1</sup> Повторное нагружение через 25 ч.

31X19H9MBBT (ЭИ 572)		Механические свойства											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
ГОСТ 23304-78	Аустенитизация	1140-1180	Вода	Не ограничено	20	не менее или в пределах						187	315
	Старение	750-800, 15 ч	Воздух			Гайки, плоские подкладные шайбы							
					350	314-461	588	30	40	59	—	—	
					350	274	—	—	—	—	—	—	

**Примечания.**

1. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм для  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_b$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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									

<sup>1</sup> 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  $\sigma$ -фазы приводит к резкому снижению ударной вязкости. Образование  $\sigma$ -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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , ч							не менее					
													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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , ч								не менее					
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , ч								не менее					
[5]	Нагрев Закалка	1150–1180	Вода	Диск	750	12–15	20	Образцы тангенциальные											
								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								
					750	12–15	20	360	720	12	10	55	217
								750	12–15	600	250	450	16
					Образцы осевые								
					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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч						
[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	$\tau$ , ч	$\delta$ , %
560	3500	25
600	10000	5
650	5000	5
700	4000	3

Релаксационная стойкость												
НД	t, °C	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_\tau$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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 <sup>4</sup> 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 <sub>2</sub> +17,5% O <sub>2</sub> + +4% CO <sub>2</sub> +0,5% SO <sub>2</sub>	650	10000	0,01–0,011	4	
Время, ч	t, °C	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>							
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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,3 (быстрорежущая сталь)	

Марка стали		Вид поставки									
12Х20Н14С2		Трубная заготовка — ТУ 14-1-783-73, ТУ 14-1-790-73.									
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 14-1-790-73</b>											
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%.											
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 изготавливают 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.											
<b>Назначение.</b> Заготовки трубные для электрополированных труб АЭС.											
Сталь жаростойкая аустенитно-ферритного класса.											
<b>Жаростойкость [1]</b>											
Среда		t, °C		Скорость коррозии, мм/год		База испытаний, ч					
Начало интенсивного окисления в воздушной среде при температуре 1000°C											
<b>Технологические характеристики [1, 4]</b>											
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										
<b>Свариваемость</b>						<b>Обработываемость резанием</b>					
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Необходимы подогрев и последующая термообработка						В нормализованном состоянии при $\sigma_{в} = 500$ Н/мм <sup>2</sup> $K_{v} = 0,72$ (твердый сплав)					

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>20X20H14C2 (X20H14C2, ЭИ 211)</b>	<b>Поковки — ГОСТ 1133–71. Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75.</b>

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	295	590	35	55	—	—	—

<sup>1</sup> Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение  $\delta$  на 1 абс. %,  $\psi$  на 5 абс. %; от 100 до 150 мм —  $\delta$  на 3 абс. %,  $\psi$  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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч		Среда	t, °C	Время, ч	Увеличение массы	
		1/10 <sup>4</sup>					г/м <sup>2</sup>	г/(м <sup>2</sup> ·ч)
[1, 4]	875	9,8		Спокойный воздух, испытание в тиглях	1050	300	23,6	0,08
	1000	1,4						

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 <sup>2</sup> $K_v = 0,72$ (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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее
ГОСТ 5582-75	Закалка	1000-1080	Воздух или вода	0,7-3,9	—	590	22	—	—	—	—	
ГОСТ 5949-75	Закалка	950-1050	Воздух	До 60 <sup>1</sup>	345	590	25	45	—	—	—	
ГОСТ 7350-77	Закалка	1050	Вода	4-25 <sup>2</sup>	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	—	—	—		
<sup>1</sup> Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается понижение $\delta$ на 1%, $\psi$ на 5%; от 100 до 150 мм — $\delta$ на 3%, $\psi$ на 10%.												
<sup>2</sup> Для листов толщиной свыше 25 мм механические свойства не нормируются, определение обязательно.												
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее или в пределах
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 $\sigma_b \leq 700$ Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
≤ 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	—	—	—	—	—		
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>															
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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				
<b>Назначение.</b> Для изготовления сварных труб и теплообменного оборудования.															
Сталь коррозионно-стойкая аустенитно-ферритного класса.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСВ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 20	0	– 20	– 40	– 50	– 80					
—	—	—			270	250	200	—	150	—	Толщина > 10 мм				
<b>Жаростойкость</b>				<b>Коэффициент чувствительности к надрезу за 10<sup>4</sup> ч</b>											
Среда	t, °С	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч	—											
—	—	—	—	<b>Чувствительность к охрупчиванию при старении</b>											
				Время, ч					t, °С			КСУ, Дж/см <sup>2</sup>			
				Исходное состояние										—	
				—					—			—			
<b>Коррозионная стойкость</b>															
Вид коррозии			Среда				t, °С	Длительность, ч			Балл стойкости				
Общая															
Точечная															
Коррозионное растрескивание															
Межкристаллитная															
<b>Технологические характеристики</b>															
Температурные параметры ковки, °С				Свариваемость						Обрабатываемость резанием					
1200–900				Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД и РАД.						В состоянии аустенитизации при σ <sub>b</sub> = 660 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,66 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,37 (быстрорежущая сталь)					

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>08X22H6T (0X22H5T, ЭП 53)</b>	<b>Лист тонкий</b> — ГОСТ 5582–75. <b>Сортовой прокат</b> — ГОСТ 5949–75. <b>Лист толстый</b> — ГОСТ 7350–77. <b>Трубы</b> — ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81, ГОСТ 11068–81. <b>Поковки</b> — ГОСТ 25054–81. <b>Прутки</b> — ТУ 14–1–748–73. <b>Трубная заготовка</b> — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	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					

<sup>1</sup> Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение  $\delta$  на 1%,  $\psi$  на 5%; от 100 до 150 мм —  $\delta$  на 3%,  $\psi$  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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [4]					Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , 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 <sub>3</sub>		До 85	—	1						
		93% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		До 70	—	1						
		50% KOH		До 120	—	1						
Точечная		—		—	—	—						
Коррозионное растрескивание		Вода, содержащая 1 г/кг Cl <sup>-</sup> , 50 мг/кг O <sub>2</sub>		350	Разрушение через 1500 ч	Напряжение выше предела текучести						
		42% MgCl <sub>2</sub>		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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 $\sigma$ -фазы (500–750°C), поднимают вязкость и пластичность					

Марка стали		Вид поставки													
X23105T		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ <sub>200</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	—	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 <sup>2</sup>	—	—	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	—								
<sup>1</sup> δ <sub>5</sub> .															
<sup>2</sup> δ <sub>100</sub> .															
<b>Назначение.</b> 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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>							
				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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	295	490	35	50	—	—	—		
<sup>1</sup> Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение $\delta$ на 1%, $\psi$ на 5%; от 100 до 150 мм — $\delta$ на 3%, $\psi$ на 10%.													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
ГОСТ 7350–77	Закалка	1030–1120	Вода	4–25 <sup>2</sup>	—	570	35	—	—	—	—		
<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч				Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч							
		1·10 <sup>4</sup>		1·10 <sup>5</sup>		1/10 <sup>4</sup>			1/10 <sup>5</sup>				
[1, 4]	550	235		196		151			57				
	600	186		147		—			—				
Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>									
Исходное состояние <sup>3</sup>				206									
2000		600		78									
8800		600		16									
2000		750		78									
<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,4 (быстрорежущая сталь)				—						
							Склонность к отпускной хрупкости						
							Склонна в интервале 600–800°C из-за образования $\sigma$ -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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> $K_v = 0,9$ (твердый сплав), $K_v = 0,4$ (быстрорежущая сталь)	—
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Склонна в интервале 600–800°C из-за образования $\sigma$ -фазы

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>20Х23Н18 (Х23Н18, ЭИ 417)</b>	<b>Сортовой прокат — ГОСТ 5949–75. Лист тонкий — ГОСТ 5582–75, ТУ 14–1–2186–77. Лист толстый — ГОСТ 7350–77. Лента — ГОСТ 4986–79.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	196	490	35	50	—	—	—

<sup>1</sup> Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение  $\delta$  на 1%,  $\psi$  на 5%; от 100 до 150 мм —  $\delta$  на 3%,  $\psi$  на 10%.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [4]		Состояние стали	Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	$\phi$ 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			$\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , ч							
[4]	Закалка	1180	Вода	650	10000	20	330	590–630	12–18	28	64–69	—
				650	10000	650	205	340–390	11–15	16–21	127	—
	Старение	800, 4 ч	Воздух	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч				Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
		1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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 10<sup>4</sup> 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	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
Исходное состояние							137–186		
10000	650	59–69							
10000	700	15							
10000	800	34							

## Жаростойкость [24]

t, °C	Увеличение массы, г/(м <sup>2</sup> ·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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20	—	—	1–2
Точечная	40% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	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

## Обработываемость резанием

В закаленном и отпущенном состоянии  
при 178 НВ и σ<sub>в</sub> ≤ 600 Н/мм<sup>2</sup>  
K<sub>v</sub> = 0,9 (твердый сплав),  
K<sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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><b>Назначение.</b> 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 <sub>в</sub> ≤ 774 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,60 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда												
ТУ 14-1-4195-86	Закалка	1150	Вода	4–6	216	490	30	—	—	—	—				
Жаростойкость				Высокотемпературные пластичность и прочность сплава											
Среда	t, °С	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч	t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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.			—									

**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.

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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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-эрозивного износа. Температурный интервал использования стали от –40°C до 300°C, для оборудования, работающего в контакте с морской водой, и в средах повышенной агрессивности до 90°C.

Сталь коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная аустенитно-ферритного класса.

03X24H6AM3 (ЗИ 130), 03X24H6AM3-ВИ (ЗИ 130-ВИ)													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [ДЦ]								Термообработка	Сортамент	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+100	+20	0	-20	-40	-50	-60	-80			-100
—	—	—	—	230	220	200	—	190	—	—	—	—	—
		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [ДЦ]								Термообработка	Сортамент	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+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 <sup>4</sup> ч									
Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч	—									
—	—	—	—	Чувствительность к охрупчиванию при старении									
				Время, ч				t, °C		КСУ, Дж/см <sup>2</sup>			
				Исходное состояние								—	
				—				—		—			
Коррозионная стойкость													
Вид коррозии		Среда			t, °C	Длительность, ч		Балл стойкости					
Общая		10–90% растворы H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			20–90			Не уступает по стойкости сплаву 06ХН28МДТ (ЭИ 943)					
		42% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 10–18 г/л H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 1,5–2 г/л F <sup>-</sup>			90	4000		1					
		25% NaCl + 25% Na <sub>2</sub> S			20	500		1					
Точечная		Устойчива к питтинговой коррозии в хлоридных средах											
Коррозионное растрескивание		5% NaCl, насыщенный H <sub>2</sub> S, + 0,5% CH <sub>3</sub> COOH			20	720 ( $\sigma = 0,9 \sigma_{0,2}$ )		Трещин не обнаружено					
		То же при P = 14 Н/мм <sup>2</sup>			16	720 ( $\sigma > \sigma_{0,2}$ )		Трещин не обнаружено					
		Насыщенный NH <sub>4</sub> 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 параметрыковки, °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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,66 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	295	440	20	45	—	—	—	
<sup>1</sup> Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение $\delta$ на 1%, $\psi$ на 5%; от 100 до 150 мм — $\delta$ на 3%, $\psi$ на 10%.												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ГОСТ 7350–77	Отжиг или отпуск	740–780	Вода	4–25 <sup>2</sup>	—	440	14	—	20	—	—	
<sup>2</sup> Для листов толщиной свыше 25 мм механические свойства не нормируются, определение обязательно.												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ГОСТ 9940–81	В состоянии поставки термообработанные			ø 57–325 s 3,5–32	—	441	17	—	—	—	—	
ГОСТ 9941–81	В состоянии поставки термообработанные			ø 21–273 s 0,2–22	—	461	17	—	—	—	—	
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч	Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			1·10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>4</sup>				
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>	Поток воздуха, содержащего 1,5% SO <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub>		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 <sub>3</sub> , скорость движения среды 1 мм/сек		90	Производство щелочи электролитическим методом	1
Точечная		—	—	—	—	
Коррозионное растрескивание		42% MgCl <sub>2</sub>	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 <sub>3</sub>	20	640	0,001	
		40% раствор HNO <sub>3</sub>	20	640	0,001	
		85% раствор H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	20	480	0,01	
Коррозионная стойкость [5]						
Вид коррозии		Среда	t, °C	Давление, Н/мм <sup>2</sup>	Скорость коррозии	
Общая		Вода деаэрированная	200	1,6	г/(м <sup>2</sup> ·ч)	мм/год
		Вода деаэрированная	300	10,0	0,01	0,01
		Вода деаэрированная; Cl <sup>-</sup> = 10 мг/л	300	8,7	0,005	0,006
		Вода деаэрированная; SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> = 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,9 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,6 (быстрорежущая сталь)		—		
				Склонность к отпускной хрупкости		
				Склонна в интервале 450–520°C		

Марка стали	Вид поставки
12Х25Н16Г7АР (ЭИ 835)	Прутки горячекатаные круглые и квадратные — ГОСТ 5949–75, ТУ 14–1–225–72. Прутки кованые круглые и квадратные — ГОСТ 5949–75, ТУ 14–1–225–72. Полосы горячекатаные и кованые — 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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	20	—	≤ 980	35	—	—	—
	Закалка	1050–1100	Вода или воздух	0,7–3,9 <sup>2</sup>	900	—	180	30	—	—	—

<sup>1</sup> Лист горячекатаный.

<sup>2</sup> Лист холоднокатаный.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$t$ , 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,  $\sigma_b$ , Н/мм<sup>2</sup>

НД	t, °C	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда			1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>		
[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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	5·10 <sup>3</sup>	1/10 <sup>2</sup>	1/(5·10 <sup>2</sup> )	1/10 <sup>3</sup>
[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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч					
		1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>3</sup>					
[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 <sup>2</sup> ·ч)	Потеря массы, г/(м <sup>2</sup> ·ч)	База испытаний, ч	Термообработка		
		σ, Н/мм <sup>2</sup> , 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									
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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
≤ 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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	295	590	35	50	—	—	—	
<sup>1</sup> Для стали диаметром или толщиной от 60 до 100 мм допускается снижение $\delta$ на 1%, $\psi$ на 5%; от 100 до 150 мм – $\delta$ на 3%, $\psi$ на 10%.												
<b>Назначение.</b> 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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>						
				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 <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ <sub>200</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	—	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 <sup>2</sup>	—	—	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	—					
<sup>1</sup> δ <sub>s</sub> .																
<sup>2</sup> δ <sub>100</sub> .																
<b>Назначение.</b> 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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>								
				Исходное состояние				—								
				—				—								
Технологические характеристики																
Температурные параметрыковки, °С		Свариваемость									Флокеночувствительность					
1150-1000		Способы сварки: РД и РАД.									Не чувствительна					
		Сварка нагревателей с рабочей температурой выше 1100°С производится постоянным током электродами из того же материала с обмазкой 0,3Л-8.									Склонность к отпускной хрупкости					
		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.									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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HV	K <sub>IC</sub> , МН/м <sup>3/2</sup>			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда											
ДЦ	Закалка	820–850	Воздух	Образцы	1900	2100	8	50	50	—	—			
	Старение, 3 ч	480–520	Воздух									2300 <sup>1</sup>	20 <sup>2</sup>	
	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			
<sup>1</sup> σ <sub>в</sub> <sup>н</sup> .														
<sup>2</sup> КСУ <sub>р</sub> .														
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+20	0	-20	-40	-60	-80					
650–750	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>1</sup>	Ni <sup>1</sup>	Mo	Cu <sup>1</sup>		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>2</sup>	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						
<sup>1</sup> Массовая доля Cr, Ni, Cu в зависимости от группы металлопродукции.									<sup>2</sup> Нагрев до 950°С.						
Механические свойства при комнатной температуре															
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ <sub>4</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_4$ , %	$\psi$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 10234-77	Отожженная лента 1 <sup>ой</sup> категории качества			0,10–4,00	—	780	10	—	—	—	—
	Нагартованная лента 1 <sup>ой</sup> 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 <sup>3</sup> Г2 <sup>3</sup> Г3 <sup>3</sup>	— — —	— — —	— — —	— — —

<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup>		Состояние стали	Ударная вязкость, ККУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+20	0	-20	-40	-60	-80	
630	350	$\sigma_b = 1270$ Н/мм <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—

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 <sup>2</sup> $K_v = 1,2$ (твердый сплав), $K_v = 1,1$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sup>1</sup>	Ni <sup>1</sup>	Mo	Cu <sup>1</sup>		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>2</sup>	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						

<sup>1</sup> Массовая доля Cr, Ni, Cu в зависимости от группы металлопродукции.

<sup>2</sup> Нагрев до 810°С.

### Механические свойства при комнатной температуре

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_4$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_4$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 10234-77	Отоженная лента 1 <sup>ой</sup> категории качества			0,10–4,00	—	780	8	—	—	—	—
	Нагартованная лента 1 <sup>ой</sup> категории качества			0,10–4,00	—	740–1270	—	—	—	—	—
	Отоженная 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 <sup>3</sup> Г2 <sup>3</sup> Г3 <sup>3</sup>	—	—	—	—
<sup>3</sup> Класс прочности.											
<p><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 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 $\leq 187$ HB и $\sigma_B = 580$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 1,12$ (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 <sup>1</sup>	Ni <sup>1</sup>	Cu <sup>1</sup>		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>2</sup>	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						
<sup>1</sup> Массовая доля Cr, Ni, Cu в зависимости от группы металлопродукции.								<sup>2</sup> Нагрев до 800°С.						
Механические свойства при комнатной температуре														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ <sub>4</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда											
ГОСТ 1435–99	Отжиг	690–710	С печью (скорость 50°С/ч)	—	Не определяются						—	≤ 192		
	Закалка	770–800	Вода	Образцы	не менее						≥ 62	—		
	Термически обработанная металлопродукция			≤ 5	—	650	—	—	—	—	—			
ГОСТ 10234–77	Отожженная лента 1 <sup>ой</sup> категории качества			0,10–4,00	—	780	8	—	—	—	—			
	Нагартованная лента 1 <sup>ой</sup> 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 <sup>3</sup>	—	—	—	—			
						930–1080	Г2 <sup>3</sup>	—	—	—	—			
						1080–1230	Г3 <sup>3</sup>	—	—	—	—			

У9, У9А		Механические свойства при комнатной температуре									
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_4$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—		—	—	—	—	—	—	

<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup> , $K_v = 1,2$ (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 <sup>1</sup>	Ni <sup>1</sup>	Mo	Cu <sup>1</sup>		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>2</sup>	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							
<sup>1</sup> Массовая доля Cr, Ni, Cu в зависимости от группы металлопродукции.									<sup>2</sup> Нагрев до 800°С.						
Механические свойства при комнатной температуре															
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ <sub>4</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ				
	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	—	—	—	—	—				
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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		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				Обрабатываемость резанием				Флокеночувствительность							
Не применяется для сварных конструкций.				В отожженном состоянии при 197 НВ и σ <sub>в</sub> = 550 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>1</sup>	Ni <sup>1</sup>	Mo	Cu <sup>1</sup>		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>2</sup>	Mk <sup>2</sup>
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						
<sup>1</sup> Массовая доля Cr, Ni, Cu в зависимости от группы металлопродукции.									<sup>2</sup> Нагрев до 780°С.						
Механические свойства при комнатной температуре															
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—			
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>b</sub> = 630 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>	Mk <sup>1</sup>	
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	
<sup>1</sup> Нагрев до 875°С.																		
Механические свойства при комнатной температуре																		
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	Воздух	До 30	—	—	—	—	—	46–50	—							
	Закалка	840–860	Масло	Образцы	—	—	—	—	—	63–64	—							
	Отпуск	170–200	Воздух									—	—	—	—	—	59–63	—
		200–300	Воздух									—	—	—	—	—	63–64	—
		300–400	Воздух									—	—	—	—	—	53–59	—
400–500		Воздух	—									—	—	—	—	48–53	—	
Отпуск	500–600	Воздух	—	—	—	—	—	39–48	—									
<sup>2</sup> Температура отпуска рекомендуется для цапг и других деталей пружинного типа.																		
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка							
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 <sub>v</sub> = 0,9 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>	Mk <sup>2</sup>	
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	
										<sup>1</sup> Нагрев до 850°С.						
										<sup>2</sup> Нагрев до 820°С.						
Механические свойства при комнатной температуре																
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее				
ГОСТ 5950–2000	Отжиг	770–790	С печью со скоростью 30°С/ч	—	Не определяются	—	—	—	—	—	≤ 255					
	Закалка	820–840	Масло	Образцы							≥ 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	—	—	—	—	—	—					

ХВГ											
<p><b>Назначение.</b> 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.</p>											
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,75 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда												
ГОСТ 5950–2000	Отжиг	810–830	С печи 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	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
	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						38–41	—			
Отпуск	600–620	—	—	—	—	—	—	—	—	38–41	—				
Закалка	920–950	Масло	До 300	Прессовые штампы						45–47	—				
Отпуск	530–550	—	—	—	—	—	—	—	—	45–47	—				
Закалка	920–950	Масло	Свыше 300	Прессовые штампы						42–44	—				
Отпуск	580–600	—	—	—	—	—	—	—	—	42–44	—				
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 30	– 40	– 50						
—	—	—		—	—	—	—	—	—	—					
Теплостойкость		Шлифуемость		Критический диаметр, мм, при закалке											
41 HRC, 650°С, 4 ч		—		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	1150–850														
Заготовка	1150–850	Замедленное в колодце				В колодце									
Свариваемость		Обработываемость резанием				Флокеночувствительность									
Не применяется для сварных конструкций.		В закаленном и отпущенном состоянии при σ <sub>B</sub> = 1450 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,35 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,13 (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна									
						Склонность к отпускной хрупкости									
						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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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										
	Отпуск	500–550	Воздух		Не определяются										
	Отпуск	560–600	Воздух		Не определяются										
	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		Для молотовых штампов							40–45	—		
	Закалка <sup>1</sup>	820–850	Масло		До 300	Не определяются									
	Отпуск	480–520	Воздух			> 300	Не определяются					38–41	—		
	Закалка	820–850	Масло		Для прессовых штампов										
	Отпуск	520–560	Воздух		До 300	Не определяются						45–47	—		
	Закалка	840–870	Масло			> 300	Не определяются							42–44	—
	Отпуск	420–450	Воздух		Хвостовики штампов										
Закалка	840–870	Масло	До 300		Не определяются							34–37	—		
Отпуск	450–480	Воздух			> 300	Не определяются								28–33	
Отпуск	580–610	—	До 300	Не определяются					—						
Отпуск	600–630	—	> 300	Не определяются											

<sup>1</sup> Для крупных штампов при большом количестве остаточного аустенита целесообразно проведение 2<sup>го</sup> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+20	0	-20	-30	-40	-50	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**Технологические характеристики**

Ковка		Охлаждение поковок, изготовленных из слитков				из заготовок	
Вид полуфабриката	Температурный интервал ковки, °С	Размер сечения, мм	Условия охлаждения		Размер сечения, мм	Условия охлаждения	
			Слиток	1200–850			1. Особо ответственные штамповые кубики и детали прессов 500–800 2. Штамповые кубики до 800 3. Протяжки до 400
Заготовка	1180–850	101–350	В яме				

Свариваемость	Обрабатываемость резанием	Флокеночувствительность
Не применяется для сварных конструкций.	В горячекатаном состоянии при ≥ 207 НВ и σ <sub>B</sub> = 902 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>н</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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				
<b>Назначение.</b> Штампы объемного холодного деформирования и вырубной инструмент сложной конфигурации, используемые при производстве изделий из цветных сплавов и малопрочных конструкционных сталей.														
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>			Состояние стали	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , после отпуска, при t, °С					Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 150	+ 250	+ 300	+ 350	+ 400						
700	—	10 <sup>6</sup>	470 НВ	59	78	59	59	157	Закалка на мелкое зерно. (Повокка сечением 25 мм).					
750	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <sub>в</sub> = 1400 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,37 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,15 (быстрорежущая сталь)					Чувствительна						
								Склонность к отпускной хрупкости						
								Склонна						

Марка стали		Вид поставки													
5ХНМ		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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												
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	—			+ 20	0	– 20	– 30	– 40	– 50	—				
—	—	—			—	—	—	—	—	—	—				
Теплостойкость		Шлифуемость			Критический диаметр, мм, при закалке										
590°С		—			В воде		В масле			В селитре		На воздухе			
590°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	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					Флокеночувствительность					
Не применяется для сварных конструкций.					В отожженном состоянии при 286 HB и σ <sub>b</sub> = 900 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>								
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	882	960	8	—	—	400	—	
				833	931	9	—	—	450	—											
<sup>1</sup> Образцы тангенциальные.																					
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка											
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее			
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 <sup>1</sup>	—				
	Закалка	1120–1160	Масло	Образцы											
	Отпуск	660–680	Воздух	Образцы											
	Подогрев	840–860	—	—	Не определяются					41–44 <sup>2</sup>	—				
	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 <sup>3</sup> HV 1130–1150 <sup>4</sup>					
Отпуск	620	Воздух													
Азотирование	530	—													

<sup>1</sup> Обработка на повышенную теплостойкость.

<sup>2</sup> Обработка на повышенную прочность и разгароустойчивость.

<sup>3</sup> Степень диссоциации аммиака 25–30%: 3 ч, толщина слоя 0,07–0,08 мм.

<sup>4</sup> Степень диссоциации аммиака 25–30%: 6 ч, толщина слоя 0,10–0,12 мм.

3Х2В8Ф									
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,9 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	910–930	Масло или воздух	< 300	Для молотов								40–45	—
					Отпуск	540–560	—	—	—	—	—	—		
	Закалка <sup>1</sup>	910–930	Масло или воздух	> 300	Для прессов								38–41	—
					Отпуск	560–580	—	—	—	—	—	—		
	Закалка <sup>1</sup>	920–950	Масло или воздух	< 300	Для прессов								45–47	—
					Отпуск	530–550	—	—	—	—	—	—		
	Закалка <sup>1</sup>	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 <sub>0</sub> = 750 Н/мм <sup>2</sup> .														
Релаксация напряжений при 500°С за 1000 ч составляет 45,3% от начального напряжения σ <sub>0</sub> = 750 Н/мм <sup>2</sup> .														
Релаксация напряжений при 500°С за 1000 ч составляет 45% от начального напряжения σ <sub>0</sub> = 600 Н/мм <sup>2</sup> .														
<sup>1</sup> 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.														
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	—			– 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 <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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					
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	590–610	Воздух		—	—	—	—	—	45–48	—			
	Отпуск <sup>1</sup>	650–670	Воздух		—	—	—	—	—	40–42	—			
	Закалка	950	Масло		—	—	—	—	—	—	59	—		
		1000		60	—									
		1050		61	—									
		1100		58	—									
	Закалка <sup>2</sup>	960–980	Масло	< 300	Для молотов									
					Отпуск	600–620	Воздух	—	—	—	—	40–45	—	
	Закалка <sup>2</sup>	960–980	Масло	> 300	Для прессов									
					Отпуск	620–640	Воздух	—	—	—	—	38–41	—	
	Закалка <sup>2</sup>	970–1000	Масло	< 300	Для прессов									
					Отпуск	580–600	Воздух	—	—	—	—	45–47	—	
Закалка <sup>2</sup>	970–1000	Масло	> 300	Для прессов										
				Отпуск	600–620	Воздух	—	—	—	—	42–44	—		
Отпуск	640–660	Воздух	< 300	Для хвостовиков штампов										
				Отпуск	660–680	Воздух	—	—	—	—	34–37	—		
			> 300	—	—	—	—	—	—	28–33	—			
<sup>1</sup> Температура второго отпуска 550–580°С.														
<sup>2</sup> 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.														
<b>Назначение.</b> 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 формующие 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка						
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	– 20	– 40	– 60		– 80					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
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							
Не применяется для сварных конструкций.			В отожженном состоянии при ≤ 255 HB K <sub>v</sub> = 0,64 (твердый сплав)				Мало чувствительна							
							Склонность к отпускной хрупкости							
							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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	t испытания, °С	НВ		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
ТУ 24-1-12-180-75	Нормализация	950–960	Воздух	До 700 <sup>1</sup>	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	—		
<sup>1</sup> Образцы тангенциальные.													
Предел длительной прочности: $\sigma_{300}^{450} = 900 \text{ Н/мм}^2$ , $\sigma_{300}^{500} = 800 \text{ Н/мм}^2$ .													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 <sub>в</sub> = 1300 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,5 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>1</sup> , %, по ТУ 108.11.835–85										Температура критических точек, °С			
С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	W	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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	—	—
<sup>1</sup> Суммарное содержание S и P не должно быть более 0,025%.													
Механические свойства при комнатной температуре													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	1176	1225	7	—	—	20 <sup>3</sup>	420		
	Отпуск	560–570	С печью		931	980	8	—	—	450	—		
	Отпуск	540–570	С печью		833	882	8	—	—	500	—		
<sup>2</sup> Механические свойства факультативны.													
<sup>3</sup> Образцы тангенциальные.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>B</sub> = 1250 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,5 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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			
С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	W	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	t испытания, °С	НВ		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
ДЦ	Нормализация	950–960	Воздух	До 700 <sup>1</sup>	1300	1400	7	—	—	20	388–444		
	Отпуск	570–580	С печью		1000	1100	8	—	—	450	—		
	Отпуск	550–570	С печью		950	1050	8	—	—	500	—		
<sup>1</sup> Образцы тангенциальные.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>v</sub> = 0,37 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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					
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	580–600	Воздух		1500	1700	—	—	25	47–48	—				
	Отпуск 2-й <sup>1</sup>	540–560			1300	1500	—	—	40	44–46	—				
	Отпуск 1-й <sup>1</sup>	610–620	Воздух												
Отпуск 2-й <sup>1</sup>	570–580														
<sup>1</sup> Продолжительность первого отпуска – 2 ч, второго – на 25–30% меньше первого.															
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>v</sub> = 0,75 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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												
	б) окончательный нагрев	1040–1060												
	Отпуск 1-й	560–580	Масло							52–54				
	Отпуск 2-й	530–550								47–49				
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 30	– 40	– 50					
—	—	—		—	—	—	—	—	—	—				
Теплостойкость		Шлифуемость		Критический диаметр, мм, при закалке										
650°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	1180–850													
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 <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	860–890	С печью, затем на воздухе	Образцы	Не определяются					—	187– 229						
	Закалка <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	1120–1150	Масло		—	Не определяются						—	HRC 52–56				
	Отпуск 1-й	660–680	Воздух														
Отпуск 2-й (Режим II)	600–620	Воздух															

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 $\leq 241$ НВ K <sub>v</sub> = 1,2 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда												
ГОСТ 5950–2000	Отжиг	790–810	С печью	—	Не определяются					—	≤ 229				
	Закалка	850–880	Масло	—						≥ 54	—				
<b>Назначение.</b> 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, обрезающие и просечные штампы.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 <sub>v</sub> = 0,75 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,6 (быстрорежущая сталь)					Чувствительна							
								Склонность к отпускной хрупкости							
								Склонна							

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>													
<b>4Х4ВМФС (ДИ 22)</b>		<b>Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000.</b>													
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>					
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	W	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> <sup>2</sup> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	t испытания, °С	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 5950–2000	Отжиг <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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)											

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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><b>Назначение.</b> 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>											
<b>Предел выносливости, Н/мм<sup>2</sup></b> $\sigma_{-1}$ $\tau_{-1}$		Термообработка		<b>Ударная вязкость, КСУ, Дж/см<sup>2</sup>, при t, °С</b>						Термообработка	
				+ 20	0	- 20	- 30	- 40	- 50		
—		—		—	—	—	—	—	—	—	
<b>Теплостойкость</b>		<b>Шлифуемость</b>		<b>Критический диаметр, мм, при закалке</b>							
				В воде		В масле		В селитре		На воздухе	
45 HRC, 660°C, 2 ч		—		—		—		—		—	
<b>Технологические характеристики</b>											
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											
<b>Свариваемость</b>			<b>Обрабатываемость резанием</b>				<b>Флокеночувствительность</b>				
Не применяется для сварных конструкций.			В отожженном состоянии при $\leq 241$ НВ $K_v = 1,2$ (твёрдый 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>0,05</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>н</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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													
	а) подогрев	700–750	Масло											
б) окончательный нагрев	1060–1090													
	Отпуск (3-кратный по 1 ч)	530–540		—	2700–2800	2200–2300	3700–3800		—	40–60 <sup>1</sup>	62–63	—		
<sup>1</sup> Образцы ненадрезанные.														
<b>Назначение.</b> Матрицы и пуансоны штампов холодного объемного деформирования, испытывающие в процессе эксплуатации давление до 2300 Н/мм <sup>2</sup> , резьбонакатные ролики.														
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, ККУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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													
Заготовка	1150–850		Замедленное в колодце						Замедленное в колодце					
Свариваемость			Обрабатываемость резанием						Флокеночувствительность					
Не применяется для сварных конструкций.			В закаленном и отпущенном состоянии при 61 HRC и σ <sub>в</sub> = 3500 Н/мм <sup>2</sup> К <sub>v</sub> = 0,2 (твердый сплав), К <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>0,05</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>н</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—		
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> в условиях повышенного износа и нагрева рабочих поверхностей до 400°С, шлице- и резбонакатной инструмент.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	—		+ 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 <sub>в</sub> = 3400 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,2 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,06 (быстрорежущая сталь)						Чувствительна				
									Склонность к отпускной хрупкости				
									Не склонна				

Марка стали		Вид поставки											
4X5MФС		Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000.											
Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000								Температура критических точек, °С					
C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	V	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn	Mk
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—		
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее			
ГОСТ 5950–2000	Отжиг	840–860	С печью 40–50°С/ч до 600°С, 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	—		—	—	—	—	—	—	—	—				
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80						
—	—	—		—	—	—	—	—	—	—					
Теплостойкость		Шлифуемость		Критический диаметр, мм, при закалке											
630°С		—		В воде		В масле		В селитре		На воздухе					
630°С		—		—		—		—		—					
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 <sub>B</sub> = 1900 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>r</sub> = 0,17 (твердый сплав), K <sub>r</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	Не определяются					53–56	—					
	б) окончательный нагрев	1030–1050														
	Отпуск 1-й	560–580	Воздух							47–49						
Отпуск 2-й	530–540															
<sup>1</sup> Подстуживание на воздухе до 950°С.																
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка						
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>v</sub> = 1,2 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—						
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка						
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	—			+ 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	1100–850						Замедленное в колодеце или в термостате									
Заготовка																
Свариваемость		Обрабатываемость резанием					Флокеночувствительность									
Не применяется для сварных конструкций.		При 229 HB K <sub>v</sub> = 0,9 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,5 (быстрорежущая сталь)					—									
							Склонность к отпускной хрупкости									
							Не склонна									

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>													
<b>6Х6ВЗМФС (55Х6ВЗСМФ, ЭП 569)</b>		<b>Прутки и полосы — ГОСТ 5950–2000.</b>													
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5950–2000</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>					
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	W	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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	
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>															
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	530–545	Воздух	—	Не определяются					15	—				
	Отпуск 2-й	350–370	Воздух	—	Не определяются					59–61	—				
<sup>1</sup> Продолжительность 1-го отпуска – 2 ч и 2-го отпуска – 5 ч.															
<b>Назначение.</b> 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.															
<b>Предел выносливости, Н/мм<sup>2</sup></b>		<b>Термообработка</b>			<b>Ударная вязкость, КCU, Дж/см<sup>2</sup>, при t, °С</b>					<b>Термообработка</b>					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 20	0	– 20	– 30	– 40						– 50
—	—	—			—	—	—	—	—	—	—				
<b>Технологические характеристики</b>															
<b>Ковка</b>				<b>Охлаждение поковок, изготовленных</b>											
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														
<b>Свариваемость</b>				<b>Обрабатываемость резанием</b>					<b>Флокеночувствительность</b>						
Не применяется для сварных конструкций.				В отожженном состоянии при ≤ 255 HB K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,7 (быстрорежущая сталь)					Чувствительна						
									<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>						
									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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 определяются				—	≤ 255					
	Закалка	970	Масло	—	Не определяются				≥ 61	—					
	Отпуск	180		—	Не определяются				≥ 60	—					
	Закалка	950–1000	Масло	—	Не определяются				≥ 60	—					
ДЦ	Закалка				Не определяются										
	а) подогрев	650–700		—	Не определяются				63–65	—					
	б) окончательный нагрев	950–980	Масло	—	Не определяются				60–62	—					
	Отпуск	180–200 (1,5 ч) 320–350 (1,5 ч)	Воздух Воздух	—	Не определяются				57–58	—					
<b>Назначение.</b> Штампы высокой устойчивости против истирания (преимущественно с рабочей частью округлой формы), не подвергающиеся сильным ударам и толчкам, волоочильные доски и волокни, 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 колодеце												
Заготовка															
Свариваемость			Обрабатываемость резанием					Флокеночувствительность							
Не применяется для сварных конструкций.			В горячекатаном состоянии при 217–228 НВ и σ <sub>B</sub> = 730 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>	Mk <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Нагрев до 980°С.															
Механические свойства при комнатной температуре															
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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						—	—			
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [4]			Состояние стали	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> и Твердость, HRC, при t <sub>отп.</sub> , °С [4]								Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		t <sub>отп.</sub> , °С	0	+20	+200	+300	+400	+500	+550				
800	—	10 <sup>7</sup>	60 HRC	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	—	—	43	64	54	30	—	Закалка 1000–1030°С в масле. Отпуск 1,5 ч.			
650	—	10 <sup>7</sup>	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						Флоксочувствительность					
Не применяется для сварных конструкций.				В горячекатаном состоянии при 217–228 HB и σ <sub>B</sub> = 730 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>	Mk <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Нагрев до 980°С.															
Механические свойства при комнатной температуре															
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—											
ДЦ	Закалка	1020–1040	Масло	—	Не определяются					62–64	—				
	Отпуск	150–170	Воздух	—											
	Закалка	1020–1040	Масло	—	Не определяются					57–59	—				
Отпуск	490–510	Воздух	—												
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 20	0	– 20	– 30	– 40	– 50					
—	—	—			—	—	—	—	—	—	—				
Теплостойкость		Шлифуемость			Критический диаметр, мм, при закалке										
					В воде		В масле		В селитре		На воздухе				
62 HRC, 150–170°С, 1 ч 58 HRC, 490–510°С, 1 ч		Удовлетворительная			—		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				Флокочувствительность							
Не применяется для сварных конструкций.				В горячекатаном состоянии при 217–228 HB и σ <sub>B</sub> = 730 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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					—	—								
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> и Твердость, HRC, при t <sub>отп.</sub> , °С [4]							Термообработка					
				t <sub>отп.</sub> , °С	0	+20	+200	+300	+400	+450			+500			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	—		KCU, Дж/см <sup>2</sup>	—	—	23	35	44	38	27	Закалка 1020°С в масле. Отпуск 1,5 ч.				
—	—	—		HRC	—	—	61	58	58	—	—					
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 <sub>в</sub> = 730 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,72 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ		
	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	—	—	—	—	—	—	—	223–277	
	Отпуск	550–580	Печь или воздух										
ОСТ 24.013.04–90	Закалка	820–840	Масло	До 500	—	—	—	—	—	—	—	255–293	
	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		
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 НВ и σ <sub>в</sub> = 740 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 <sub>B</sub> = 680 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>r</sub> = 0,9 (твердый сплав), K <sub>r</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	30–60	—	—			
	Отпуск	460–520	Печь	До 1600			35–60 <sup>2</sup>						
	Закалка	850	Масло	До 1000	Не определяются		45–60 <sup>1</sup>	30–60	—	—			
	Отпуск	400–520	Печь	До 1600			45–75 <sup>2</sup>						
ОСТ 24.013.20–90	Закалка ТПЧ			Свыше 300 до 2000	Не определяются		50–69 <sup>2</sup>	30–55	—	—			
	Отпуск						70–85 <sup>2</sup>						
ДЦ	Закалка ТПЧ	910	Вода	—	Не определяются		45–75 <sup>2</sup>	—	—	—			
	Отпуск	320–520	Печь										
<sup>1</sup> Твердость рабочих валков.													
<sup>2</sup> Твердость опорных валков.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 <sub>v</sub> = 0,90 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,60 (быстрорежущая сталь)				Мало чувствительна					
								Склонность к отпускной хрупкости					
								Не склонна					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
<b>75ХМФ</b>		<b>Поковки</b> — ОСТ 24.013.04-90, ОСТ 24.013.20-90, ОСТ 24.013.21-85.											
<b>Массовая доля элементов, %, по ОСТ 24.013.04-90</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	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	Не определяются	45–75	30–60	—	—		
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	Не определяются	—	—	—	352–429		
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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sub>v</sub> = 0,90 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,60 (быстрорежущая сталь)	Мало чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	HSD		HRC	НВ					
	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 <sup>1</sup>				
	Закалка ТПЧ	910	Вода	До 2000							70–85 <sup>2</sup>				
	Отпуск	130–180	С печью								—				
	Закалка ТПЧ	910	Вода	—											
Отпуск	480–580	С печью	—												
ОСТ 24.013.21–85	Нормализация	840–860	Воздух	До 800	Не определяются	—	—	—	—	241–285					
	Отпуск	580–620	С печью							До 500	—				
	Закалка	830–850	Масло	—							352–429				
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						35–55 <sup>1</sup>					
	Закалка	830–850	Масло	До 1000						35–60 <sup>2</sup>					
										Отпуск	320–480	С печью	До 1600	45–60 <sup>1</sup>	
														45–75 <sup>2</sup>	
Отпуск	—	—	До 300	60–85 <sup>3</sup>	—										

<sup>1</sup> Твердость рабочих валков.  
<sup>2</sup> Твердость опорных валков.  
<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup> [4]		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	- 20	- 30	- 40	
304	—	10 <sup>7</sup>	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	Обрабатываемость резанием	Флокеночувствительность	
		Чувствительна	
		Склонность к отпускной хрупкости	
Не применяется для сварных конструкций.	В отожженном состоянии при ≤ 255 НВ, σ <sub>в</sub> = 690 Н/мм <sup>2</sup> , К <sub>к</sub> = 0,9 (твердый сплав), К <sub>к</sub> = 0,6 (быстрорежущая сталь)	Склонна	

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
<b>9ХСВФ</b>		<b>Поковки</b> — НД заводов-изготовителей.											
<b>Массовая доля элементов, %</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	W	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	HSD		HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда				не менее	бочки		
ДЦ	Закалка	860–870	Вода	До 300	Не определяются		≥ 90	30–55	—	—
	Отпуск	130–180	Воздух							
	Закалка ТПЧ	910–930	Вода	До 300		≥ 90	30–55	—	—	
	Отпуск	150–180	Воздух							

**Назначение.** Рабочие валки с диаметром бочки до 300 мм для станов холодной прокатки металла.

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,45 (быстрорежущая сталь)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	30–60	—	—				
	Отпуск	480–510	Печь											
	Закалка	840–860	Масло	До 1600	Не определяются	—	45–75 <sup>1</sup>	30–60	—	—				
	Отпуск	480–510	Печь	До 300	Не определяются	—	60–85 <sup>2</sup>	—	—	—				
<sup>1</sup> Твердость опорных валков.														
<sup>2</sup> Твердость бандажей составных опорных валков.														
<b>Назначение.</b> Опорные валки всех размеров и бандажи составных опорных валков листовых станов для горячей прокатки металла.														
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 <sub>b</sub> = 620 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,85 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	50–69 <sup>2</sup>			
	Отпуск	300–500	Печь								До 900		95–105 <sup>1</sup>		
	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 <sup>1</sup>	30–60			
				До 1000							35–60 <sup>2</sup>				
	Закалка	830–850	Масло	До 1600							45–60 <sup>1</sup>	30–60			
				До 300							45–75 <sup>2</sup>				
	Отпуск	320–480	Печь	До 300							60–85 <sup>3</sup>	—	—	—	

<sup>1</sup> Твердость рабочих валков.  
<sup>2</sup> Твердость опорных валков.  
<sup>3</sup> 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 бандажи составных опорных валков листовых станов для горячей прокатки металла.

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [4]			Состояние стали	Ударная вязкость, КСU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	- 20	- 30	- 40	- 50	
426	—	10 <sup>7</sup>	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 <sub>в</sub> = 680 Н/мм <sup>2</sup> , K <sub>v</sub> = 0,95 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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		
	Отпуск			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 <sub>b</sub> = 700 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,9 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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											
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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			Обрабатываемость резанием						Флокочувствительность				
Не применяется для сварных конструкций.			В нормализованном и отпущенном состоянии при 207–260 HB и σ <sub>b</sub> = 680 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,7 (быстрорежущая сталь)						Чувствительна				
									Склонность к отпускной хрупкости				
			Склонна										

Марка стали		Вид поставки											
60XH		Поковки — ОСТ 24.013.04–90, 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
ОСТ 24.013.04–90	Закалка	820–840	Масло	До 500	—	—	—	—	—	—	—	—	255–302 <sup>1</sup>
	Отпуск	600–650	Печь										
	Нормализация	840–860	Воздух	До 1200	—	—	—	—	—	—	—	—	229–285 <sup>1</sup>
	Отпуск	580–610	Печь	До 1600	—	—	—	—	—	—	—	—	229–285 <sup>2</sup>
ОСТ 24.013.21–85	Закалка			До 500	—	706	10	—	24,5	—	—	—	255–302 <sup>1</sup>
	Отпуск												
	Нормализация			До 1500	—	666	10	—	24,5	—	—	—	229–285 <sup>1</sup>
	Отпуск												
<sup>1</sup> Твердость рабочих валков.													
<sup>2</sup> Твердость опорных валков.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Состояние стали			Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 20	0	– 20	– 30	– 40	– 50			
392	—	σ <sub>0,2</sub> = 520 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>B</sub> = 920 Н/мм <sup>2</sup>			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			Обрабатываемость резанием						Флокеночувствительность				
Не применяется для сварных конструкций.			В нормализованном и отпущенном состоянии при 229 HB и σ <sub>B</sub> = 680 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	HSD		HRC	HB				
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда				не менее	бочки			шейки			
ОСТ 24.013.20–90	Закалка ТПЧ Отпуск			До 900	Не определяются			95–105	30–55	—	—			
				Свыше 250 до 650										90–96
				Свыше 400 до 650										75–90
<b>Назначение.</b> Рабочие валки кованные для холодной прокатки металла.														
Прокаливаемость			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , 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 <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>			
	Закалка ТПЧ	910	Вода	До 900							95–105 <sup>1</sup>			
	Отпуск	130–180	Масляная ванна								70–85 <sup>2</sup>			
	Закалка ТПЧ	920	Вода	До 300							70–85 <sup>2</sup>			
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 <sup>1</sup>			
	Закалка Отпуск	810–850 320–480	Масло Печь	До 1000							45–60 <sup>1</sup>			
				До 1600							45–75 <sup>2</sup>			
				До 1600							60–85 <sup>3</sup>			
				До 300							—			

<sup>1</sup> Твердость рабочих валков.  
<sup>2</sup> Твердость опорных валков.  
<sup>3</sup> Твердость бандажей.

**Назначение.** Рабочие валки и опорные валки для станов холодной прокатки металла. Рабочие валки, опорные валки и бандажи составных опорных валков листовых станов для горячей прокатки металла.

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>	Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка	
	σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	+ 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 <sub>в</sub> = 680 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,95 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,55 (быстрорежущая сталь)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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												
<b>Назначение.</b> Рабочие валки с диаметром бочки свыше 400 мм для станов холодной прокатки металла при тяжелых условиях эксплуатации.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка				Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С				Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>					+ 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 <sub>в</sub> = 930 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,65 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>				
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С										Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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, σ <sub>в</sub> = 774 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,9 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	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											
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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 <sub>в</sub> = 620 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,85 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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	$\sigma_{\text{т}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Kp <sup>1</sup> , 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	—					
<sup>1</sup> Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при 620°C.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка			
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 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 <sub>ш</sub> = 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			Обрабатываемость резанием					Флокеночувствительность					
Не применяется для сварных конструкций.			В отожженном состоянии при ≤ 255 HB K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>н</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Kp <sup>1</sup> , 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												
<sup>1</sup> Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 620°С.															
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> .															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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	1140–850							Замедленное в колодце при 750–800°С							
Заготовка															
Свариваемость				Обрабатываемость резанием				Флокеночувствительность							
Не применяется для сварных конструкций.				В отожженном состоянии при ≤ 255 HB K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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, °С			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	V	Cu	W	Co	Mo	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>m</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>m</sub>
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 <sub>н</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Kp <sup>1</sup> , 58 HRC, °С	HRC	HB							
	Операция	t, °С	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												
<sup>1</sup> Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 620°С.															
<b>Назначение.</b> Все виды режущего инструмента при обработке обычных конструкционных материалов, а также предпочтительно для изготовления резьбонарезного инструмента, работающего с ударными нагрузками.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>ш</sub> = 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	1160–850	Замедленное в колодце при 750–800°С													
Заготовка															
Свариваемость				Обрабатываемость резанием				Флокеночувствительность							
Не применяется для сварных конструкций.				В отожженном состоянии при ≤ 255 HB K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>m</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>m</sub>
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 <sub>н</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Кр <sup>1</sup> , 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)															
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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>ш</sub> = 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 <sub>v</sub> = 0,75 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	Kp <sup>1</sup> , 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											
<sup>1</sup> Красностойкость стали определяется после 4-х часового отпуска при температуре 630°C.													
<b>Назначение.</b> Фасонные резцы, сверла, развертки, зенкеры, фрезы, долбяки, шеверы для обработки среднелегированных, коррозионно-стойких сталей, жаропрочных сталей и сплавов.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка			
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 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 <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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													
C	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	$\sigma_n$ , Н/мм <sup>2</sup>	Kp <sup>1</sup> , 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											
<sup>1</sup> Красностойкость стали определяется после 4-х часового отпуска при температуре 630°C.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка			
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 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 <sub>v</sub> = 0,75 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>н</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Кр, °C	HRC	HB								
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда													
ДЦ	Отжиг	—	—	—	—	—	—	≤ 255								
	Закалка	1230	Масло	От 80 до 200	—	580 <sup>1</sup>	≥ 62	—								
Отпуск (3-х кратный по 1 ч)	560	Воздух	2800–3200		620 <sup>2</sup>											
<sup>1</sup> Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 580°C, 62 HRC.																
<sup>2</sup> Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 620°C, 58 HRC.																
<b>Назначение.</b> Для изготовления инструментов простой формы, не требующих большого объема шлифовки, для обработки обычных конструкционных материалов.																
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка						
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>m</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>m</sub>
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 <sub>тн</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Kp <sup>1</sup> , 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	—							
<sup>1</sup> Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 630–635°С.															
<b>Назначение.</b> Все виды режущего инструмента при обработке высокопрочных, жаропрочных и нержавеющей сталей и сплавов, а также улучшенных легированных сталей.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>ш</sub> = 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				Флокочувствительность							
Не применяется для сварных конструкций.				В отожженном состоянии при 286 HB и σ <sub>тн</sub> = 930–1000 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,65 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>и</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	K <sub>p</sub> <sup>1</sup> , 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												
<sup>1</sup> Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 620°С.															
<b>Назначение.</b> Различные режущие инструменты (фрезы, протяжки, долбяки, шеверы, метчики, развертки) для обработки деталей из конструкционных сталей.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80						
—	—	—		—	—	—	—	—	—	—					
Механические свойства стали в термически обработанном состоянии															
t испытания, °С		σ <sub>и</sub> , Н/мм <sup>2</sup>		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 <sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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	$\sigma_n$ , Н/мм <sup>2</sup>	Kp <sup>1</sup> , 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											
<sup>1</sup> Красностойкость стали определяется после 4-х часового отпуска при температуре 630°C.													
<b>Назначение.</b> Фасонные резцы для обработки среднелегированных сталей. Метчики, протяжки, фрезы для чистовой обработки среднелегированных, легированных, коррозионно-стойких и высокопрочных сталей.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка			
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80				
—	—	—		—	—	—	—	—	—	—			
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	P12MФ5	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 <sub>v</sub> = 0,5 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	Kp <sup>1</sup> , 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											
<sup>1</sup> Красностойкость стали определяется после 4-х часового отпуска при температуре 635°C.													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка				
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>m</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>m</sub>
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 <sub>н</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Kp <sup>1</sup> , 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												
<sup>1</sup> Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 620°С.															
<b>Назначение.</b> Все виды режущего инструмента при обработке обычных конструкционных материалов.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>n</sub> = 800 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>n</sub> = 0,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>и</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Kp <sup>1</sup> , 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												
<sup>1</sup> Красностойкость стали определялась после 4-х часового отпуска при температуре 630°С.															
<b>Назначение.</b> Для черновых и полустойковых инструментов при обработке высокопрочных, нержавеющей и жаропрочных сталей.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>v</sub> = 0,65 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>	Cr	Ni	Mo	Cu		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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
<sup>1</sup> Содержание S и P указано для основной стали.													
Механические свойства при комнатной температуре													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
[1]	Отжиг	880–900	С печью	До 100	Не определяются					—	—		
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]		Состояние стали	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+20	0	–20	–40	–60	–80					
176	—	σ <sub>0,2</sub> = 196 Н/мм <sup>2</sup> σ <sub>в</sub> = 390 Н/мм <sup>2</sup> 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 <sub>ж.т</sub> = 0,9		Склонность к образованию усадочной раковины		K <sub>у.р</sub> = 0,9				
Линейная усадка, %		2,2–2,3	Показатель трещиностойчивости		K <sub>т.у</sub> = 1,0		Склонность к образованию усадочной пористости		K <sub>у.п</sub> = 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 <sub>в</sub> = 392 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,50 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,35 (быстрорежущая сталь)					Не чувствительна					
								Склонность к отпускной хрупкости					
								Не склонна					

Марка стали		Вид поставки											
20Л		Отливки — ГОСТ 977–88, ОСТ 26 291–94, ОСТ 108.961.04–80, ТУ 08.002.05015348–92, ТУ 5.961–11151–80.											
Массовая доля элементов, %								Группа отливок	НД	Температура критических точек, °С			
C	Si	Mn	S <sup>I</sup>	P <sup>I</sup>	Cr	Ni	Cu			Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
0,17–0,25	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	855	680	835
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				

<sup>1</sup> Содержание S и P указано для основной стали.

### Механические свойства при комнатной температуре

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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								
	не менее										

Примечания.

1. Приемно-сдаточными показателями являются: предел текучести ( $\sigma_{0,2}$ ), относительное удлинение ( $\delta$ ) и ударная вязкость (KCU).
2. Временное сопротивление ( $\sigma_B$ ), относительное сужение ( $\psi$ ) 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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			
												не менее		
												[1]	Отжиг	870–890

**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 <sup>2</sup> [1, 4]			Состояние стали	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]				Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	– 20	– 60	– 80	
211	—	10 <sup>7</sup>	$\sigma_{0,2} = 260$ Н/мм <sup>2</sup> , $\sigma_B = 470$ Н/мм <sup>2</sup> .	55–83	41–64	6–12	3–5	Отливки сечением 30 мм. Нормализация 870–890°С, воздух. Отпуск 630–650°С, воздух
196	—	—						

20Л		Механические свойства стали при различных температурах									
НД	Режим термообработки			t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	Массовая доля, %
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , ч						
[34]	Отжиг	900	С печью	450	—	220	420	21	37	50	0,20–0,26 C 0,58–0,81 Mn 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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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 трещиностойкости	$K_{т.у} = 1,0$	Склонность к образованию усадочной пористости	$K_{у.п} = 1,0$
<b>Свариваемость</b>		<b>Обработываемость резанием</b>		<b>Флокеночувствительность</b>	
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 <sup>2</sup> $K_v = 1,50$ (твердый сплав), $K_v = 1,35$ (быстрорежущая сталь)		Не чувствительна	
				<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>	
				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 <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>	Cr	Ni	Cu			Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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				

<sup>1</sup> Содержание S и P указано для основной стали.

#### Механические свойства при комнатной температуре

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\delta$ ) и ударная вязкость (КСУ).
2. Временное сопротивление ( $\sigma_b$ ), относительное сужение ( $\psi$ ) 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ОСТ 26 291-94	Нормализация или Нормализация	ПС		До 100	235	441	19	30	39	—	—	
	Отпуск											
	Закалка Отпуск	ПС	До 100	294	491	22	33	34	—	—		
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , при t, °C [1, 2]						Термообработка
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1, 4]			+ 20	0	- 20	- 30	- 40	- 50	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$								
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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 <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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				

<sup>1</sup> Содержание серы и фосфора указано для основной стали.

Механические свойства при комнатной температуре											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 977–88	Нормализация	880–900	Воздух	До 100	255	471	17	30	34	—	131–157 <sup>2</sup>
	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					—	—

<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> [4]		Состояние стали	Пределы длительной прочности и ползучести [36]				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		t, °С	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
				1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
215	—	σ <sub>0,2</sub> = 340 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 640 Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	20	534	713	22	68	162
	Отпуск	650, 2 ч	Воздух	400	420				662	26	75	152	207	
				450	409				550	24	80	129	207	
				500	393				476	25	84	124	207	
	Закалка	880	Масло	Образцы продольные	20	787	895	22	66	193	269			
					Отпуск	650, 2 ч	Воздух	400	587	748	23	70	170	269
								450	587	683	23	78	137	269
					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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	Ц	не менее или в пределах					
	Нормализация	900	Воздух			310–320	530–535	14–16	20–21	30–36	—
	Отпуск	580	Воздух	К	320–330	545–550	20–25	28–30	57–66	—	
	Нормализация	900	Воздух	400	Ц	320–340	540–560	16–17	27–31	39–43	—
	Закалка	800	Вода			320–330	545–550	20–25	28–30	74–88	—
	Отпуск	680	Воздух	К							

К — образцы вырезаны из приповерхностной зоны.

Ц — образцы вырезаны из центральной зоны.

Релаксационная стойкость												
НД	Режим термообработки			t, °C	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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 Воздух	400	150	89	68	65	57	53	45	269
	Отпуск	650, 2 ч		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	880		Масло Воздух	350	125	103	103	102	—	98	—
	Отпуск	550, 2 ч	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	$K_{у.п} = 1,0$
<b>Свариваемость</b>		<b>Обрабатываемость резанием</b>		<b>Флокеночувствительность</b>	
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 <sup>2</sup> $K_v = 1,25$ (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 отливок	Температура критических точек, °С					
С	Si	Mn	S <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
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						
<sup>1</sup> Содержание серы и фосфора указано для основной стали.											
Механические свойства при комнатной температуре											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 977–88	Нормализация	860–880	Воздух	До 100	275	491	15	25	34	—	137–166 <sup>2</sup>
	Отпуск	600–630	Воздух								
	Закалка Отпуск	860–880 600–630	Вода Воздух	До 100	343	540	16	20	29	—	179–269 <sup>2</sup>
[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	—
<sup>2</sup> Данные ЦНИИТМАШ.											
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]		Состояние стали	Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	– 20	– 30	– 40	– 50			
216	—	σ <sub>0,2</sub> = 270 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 490 Н/мм <sup>2</sup> , 137–166 НВ	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч				Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч					
		1·10 <sup>4</sup>		1·10 <sup>5</sup>		1/10 <sup>4</sup>		1/10 <sup>5</sup>			
[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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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	$K_{у.п} = 1,0$
<b>Свариваемость</b>		<b>Обрабатываемость резанием</b>		<b>Флокеночувствительность</b>	
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 <sup>2</sup> $K_v = 1,2$ (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 <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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	
<sup>1</sup> Содержание серы и фосфора указано для основной стали.											
Механические свойства при комнатной температуре											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 977–88	Нормализация	860–880	Воздух	До 100	294	520	14	25	29	—	146–173 <sup>2</sup>
	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					—	—
<sup>2</sup> Данные ЦНИИТМАШ.											
<b>Назначение.</b> Станины, корпуса, муфты, тормозные диски, шестерни, кожухи, вилки, звездочки и другие детали, работающие при температурах до 400°С.											
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]		Состояние стали	Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+20	0	-20	-40	-60	-80			
225	—	σ <sub>0,2</sub> = 290 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 520 Н/мм <sup>2</sup> , 146–173 HB	—	—	—	—	—	—	—		
Технологические характеристики [1]											
Температура начала затвердевания стали, °С		1480–1490	Жидкотекучесть		К <sub>ж.т</sub> = 1,0		Склонность к образованию усадочной раковины		К <sub>у.р</sub> = 1,2		
Линейная усадка, %		2,2–2,3	Показатель трещиностойчивости		К <sub>т.у</sub> = 0,8		Склонность к образованию усадочной пористости		К <sub>у.п</sub> = 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 <sub>в</sub> = 520 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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					
C	Si	Mn	S <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
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						

<sup>1</sup> Содержание серы и фосфора указано для основной стали.

### Механические свойства при комнатной температуре

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>
	Отпуск	600–630	Воздух или печь								
	Закалка	860–880	Вода	До 100	392	589	10	20	25	—	220–260 <sup>2</sup>
	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	—	

<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>		Состояние стали	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80	
229	—	σ <sub>0,2</sub> = 310 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 660 Н/мм <sup>2</sup> , 187 HB	—	—	—	—	—	—	—
245	—	σ <sub>0,2</sub> = 340 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 640 Н/мм <sup>2</sup> , 179 HB							
274	—	σ <sub>0,2</sub> = 475 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 730 Н/мм <sup>2</sup> , 207 HB							

### Технологические характеристики

Температура начала затвердевания стали, °С	1480–1490	Жидкотекучесть	K <sub>ж.т</sub> = 1,0	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,2
Линейная усадка, %	2,2–2,3	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 0,8	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 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 <sub>в</sub> = 540 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>	Cr	Ni	Mo	Cu		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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
<sup>1</sup> Содержание серы и фосфора указано для основной стали.													

## Механические свойства при комнатной температуре

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 977–88	Нормализация	860–880	Воздух	До 100	334	569	11	20	25	—	170–199 <sup>2</sup>
	Отпуск	600–630	Воздух								
	Закалка	860–880	Вода	До 100	392	736	14	20	29	—	220–260 <sup>2</sup>
	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									

<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>		Состояние стали	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка	
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+20	0	-20	-30	-40	-50		-60
245	—	σ <sub>0,2</sub> = 330 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 570 Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sub>ж.т</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной раковины	К <sub>у.р</sub> = 1,3
Линейная усадка, %	2,2–2,3	Показатель трещиностойчивости	К <sub>т.у</sub> = 0,6	Склонность к образованию усадочной пористости	К <sub>у.п</sub> = 1,0
<b>Свариваемость</b>		<b>Обрабатываемость резанием</b>		<b>Флокеночувствительность</b>	
Трудно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД. Необходимы подогрев и последующая термообработка.		В термообработанном состоянии при 196–207 НВ и σ <sub>в</sub> = 600 Н/мм <sup>2</sup> К <sub>в</sub> = 0,70 (твердый сплав), К <sub>в</sub> = 0,55 (быстрорежущая сталь)		Не чувствительна	
				<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>	
				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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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										
<b>Назначение.</b> Ходовые колеса диаметром до 1000 мм мостовых кранов большой грузоподъемности.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	- 20	- 30	- 40	- 50					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Технологические характеристики													
Температура начала затвердевания стали, °С		1466–1476	Жидкотекучесть	K <sub>ж.т</sub> = 1,0		Склонность к образованию усадочной раковины		K <sub>у.р</sub> = 1,3					
Линейная усадка, %		2,2–2,3	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 0,6		Склонность к образованию усадочной пористости		K <sub>у.п</sub> = 1,0					
Свариваемость			Обрабатываемость резанием					Флокеночувствительность					
Не применяется для сварных конструкций.			В отожженном состоянии при 240–250 HB K <sub>v</sub> = 0,55 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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												
<b>Назначение.</b> Детали вагонов: корпуса автосцепки, тяговый хомут, надрессорная балка и боковая рама тележек; металлургическое и горнодобывающее оборудование.														
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>			Состояние стали	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 60		- 80				
245	—	10 <sup>7</sup>	σ <sub>0,2</sub> = 350 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 550 Н/мм <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—				
Технологические характеристики														
Температура начала затвердевания стали, °С		1495–1505	Жидкотекучесть		K <sub>ж.т</sub> = 0,8		Склонность к образованию усадочной раковины			K <sub>у.р</sub> = 1,1				
Линейная усадка, %		2,27	Показатель трещиностойчивости		K <sub>т.у</sub> = 0,9		Склонность к образованию усадочной пористости			K <sub>у.п</sub> = 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 <sub>в</sub> = 620 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,15 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее		
ГОСТ 977–88	Нормализация	880–920	Воздух	До 100	392	589	12	20	29	—	≥ 160 <sup>1</sup>			
	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	—	—			
<sup>1</sup> Данные ЦНИИТМАШ.														
<b>Назначение.</b> Корпусы редукторов угольных комбайнов, износостойкие детали для тракторов и металлургического оборудования, а также другие детали машиностроения.														
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>в</sub> = 600 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,82 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	К <sub>ж.т</sub> = 0,8	Склонность к образованию усадочной раковины			К <sub>у.р</sub> = 1,1				
Линейная усадка, %		2,2	Показатель трещиностойчивости	К <sub>т.у</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной пористости			К <sub>у.п</sub> = 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 <sub>B</sub> = 637 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,15 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	M <sub>H</sub> <sup>1</sup>					
0,30–0,40	0,20–0,40	1,20–1,60	≤ 0,040	≤ 0,040	—	—	730	800	—	—	355					
<sup>1</sup> Температура нагрева 900°С.																
Механические свойства при комнатной температуре																
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее				
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					—	—					
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка							
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>ж.т</sub> = 0,9		Склонность к образованию усадочной раковины			K <sub>у.р</sub> = 1,1						
Линейная усадка, %		2,2–2,4	Показатель трещиностойчивости		K <sub>т.у</sub> = 0,9		Склонность к образованию усадочной пористости			K <sub>у.п</sub> = 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 НВ K <sub>v</sub> = 0,75 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—		
	Закалка	860–880	Вода										
	Отпуск	580–600	Вода	—	—	—	—	—	—	—			
	Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и низкий отпуск		Вода, водный раствор глицерина										
	Поверхностная закалка с нагревом газовым пламенем		—										
<b>Назначение.</b> Блоки, колеса, звездочки, кулачковые муфты, крупные зубчатые венцы и др. Сталь имеет повышенную склонность к трещинам.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	- 20	- 30	- 40	- 50					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
Технологические характеристики													
Температура начала затвердевания стали, °С		1490–1501	Жидкотекучесть		K <sub>ж.т</sub> = 0,8		Склонность к образованию усадочной раковины			K <sub>у.р</sub> = 1,1			
Линейная усадка, %		2,2	Показатель трещиностойчивости		K <sub>т.у</sub> = 0,9		Склонность к образованию усадочной пористости			K <sub>у.п</sub> = 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 <sub>B</sub> = 850–980 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,65 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,5 (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна						
							Склонность к отпускной хрупкости						
							Не склонна						

Марка стали		Вид поставки							НД	Температура критических точек, °С														
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.								Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>											
Массовая доля элементов, %								ГОСТ 977-88	700				840				620				780			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu																	
0,16-0,22	0,60-0,80	1,00-1,30	≤ 0,030	≤ 0,030	—	—	—																	
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 <sup>1</sup>															
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 <sup>1</sup>																

<sup>1</sup> 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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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								
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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ОСТ 108.961.04-80	Нормализация	890-930	Воздух	До 100	275	490	18	30	39	—	124-151
	Отпуск	630-660	Воздух								
Примечания.											
1. Прямо-сдаточными показателями являются: предел текучести ( $\sigma_{0,2}$ ), относительное удлинение ( $\delta$ ) и ударная вязкость (КCU).											
2. Временное сопротивление ( $\sigma_B$ ), относительное сужение ( $\psi$ ) и твердость (HB) не являются прямо-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 прямо-сдаточными, но заносятся в документ о качестве.											
Механические свойства при различных температурах											
НД	Режим термообработки			t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
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	—	—
	Термически обработанное состояние			—	300	550	18	30	30	—	—
	Термически обработанное состояние			—	Лопасты гидротурбин						
Термически обработанное состояние			—	300	520	14	30	30	—	≥ 156	

20ГСЛ											
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1, 4]			Состояние стали	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]						Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	0	- 20	- 30	- 40	- 50		
162	—	10 <sup>7</sup>	Образец без надреза; $\sigma_b = 540$ Н/мм <sup>2</sup>	22	—	8	8	6	5,5	Без термообработки	
118	—	10 <sup>7</sup>	Образец с надрезом; $\sigma_b = 540$ Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—
Отпуск	650, 4 ч	Воздух		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	—	
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 <sup>2</sup> $K_v = 1,0$ (твердый сплав), $K_v = 0,85$ (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна					
						Склонность к отпускной хрупкости					
						Не склонна					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>									
25ГСЛ		Отливки — ТУ 24-1-12-181-75.									
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 24-1-12-181-75</b>								<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [1]		Состояние стали	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80	
162	—	Образцы без надреза, σ <sub>в</sub> = 540 Н/мм <sup>2</sup>	65	—	31	19	12	—	Сечение 20 мм. Нормализация 900–920°С
118	—	Образцы с надрезом, σ <sub>в</sub> = 540 Н/мм <sup>2</sup>	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 <sub>ж.т</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,2
Линейная усадка, %	2,2–2,3	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 1,0	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 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 <sub>в</sub> = 510 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,9 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Не склонна

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>										
30ГСЛ		Отливки — ГОСТ 977–88.										
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88</b>								<b>Температура критических точек, °С</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
0,25–0,35	0,60–0,80	1,10–1,40	≤ 0,040	≤ 0,040	—	—	—	750	870	—	—	355
<sup>1</sup> Температура нагрева 925°С.												

**Механические свойства при комнатной температуре**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее				
ГОСТ 977–88	Нормализация	870–890	Воздух	До 100	343	589	14	25	29	—	≥ 156 <sup>2</sup>					
	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					—	—					

<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	– 20	– 30	– 40	– 50	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**Технологические характеристики**

Температура начала затвердевания стали, °С	1482–1493	Жидкотекучесть	K <sub>ж.т</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,2
Линейная усадка, %	2,2–2,3	Показатель трещиностойкости	K <sub>т.у</sub> = 1,0	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 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 HB и σ <sub>B</sub> = 520 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,9 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+20	0	-20	-30	-40	-50				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Технологические характеристики												
Температура начала затвердевания стали, °С		1436–1466	Жидкотекучесть	К <sub>ж.т</sub> = 1,1	Склонность к образованию усадочной раковины			К <sub>у.р</sub> = 1,3				
Линейная усадка, %		2,1–2,2	Показатель трещиностойчивости	К <sub>т.у</sub> = 1,1	Склонность к образованию усадочной пористости			К <sub>у.п</sub> = 1,5				
Свариваемость			Обрабатываемость резанием				Флокеночувствительность					
Не применяется для сварных конструкций.			В отпущенном состоянии при 241–255 НВ и σ <sub>b</sub> = 1040 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,55 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,35 (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна					
							Склонность к отпускной хрупкости					
							Не склонна					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
20ГСФЛ		Отливки — ТУ 108-978-80.											
<b>Массовая доля элементов<sup>1</sup>, %, по ТУ 108-978-80</b>									<b>Температура критических точек, °С</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	V	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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	
<sup>1</sup> Допускаются отклонения по C $\begin{matrix} +0,02\% \\ -0,10\% \end{matrix}$ ; по Mn, Si, Cu $\pm 0,1\%$ и по Cr + 0,20%.													

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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	970	Воздух	До 100	376	575	27	62,5	—	—	—
	и/или										
	Нормализация	810	Воздух								
Отпуск	620										

**Назначение.** Корпусные детали гидротурбин, лопасти гидротурбин с облицовкой. Детали повышенной прочности и детали, работающие при температуре 450°С.

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]			Среда	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]					Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 60		- 80
200	—	10 <sup>7</sup>	Воздух	60–70	—	—	23–40	—	—	Отжиг 1000°С, 10 ч + нормализация 970°С, 9 ч + отпуск 620°С, 24 ч
				108–129	—	—	29–39	—	—	

#### 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 <sup>2</sup> $K_v = 1,0$ (твердый сплав), $K_v = 0,9$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Не склонна

Марка стали		Вид поставки								НД	Температура критических точек, °С					
20ГМЛ		Отливки — СТ ЦКБА 014–2004, ТУ 0870–001–05785572–2007.									Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>	
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	—	СТ ЦКБА 014–2004	730	845	—	—	380	
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							ТУ 0870–001–05785572–2007
≤ 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							[377]*
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	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%.

Са 0,005–0,015%, Се 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<sup>+0,05</sup><sub>-0,02</sub>, Si ±0,15, Mn ±0,10, Cr<sup>+0,10</sup>, Ni ±0,10, Mo<sup>+0,10</sup>. 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV <sub>60°</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>ж.т</sub> = 1,1	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,1
Линейная усадка, %	2,2–2,3	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 0,8	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 1,0

#### Свариваемость

Ограниченно свариваемая.  
Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ.  
Рекомендуются подогрев и последующая термообработка

#### Обработываемость резанием

В нормализованном и отпущенном состоянии при 149–229 НВ и σ<sub>в</sub> = 440 Н/мм<sup>2</sup>  
K<sub>в</sub> = 1,1 (твердый сплав),  
K<sub>в</sub> = 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 <sup>1</sup> , %, по ТУ 108.11.817–85										Температура критических точек, °С					
С	Si	Mn	S	P	Ti	Ni	Mo	Cu	V	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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
<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	не менее			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не определяются			
ТУ 108.11.817–85	Аустенитизация	940–960	Воздух	До 500	не определяются				—	—					
	Нормализация	920–950	Вода		500	650	12	30	30	—	—				
	Отпуск	630–650	Воздух												
*	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.															
<b>Назначение.</b> Отливки деталей гидротурбин, в том числе для рабочих колес (с облицовкой коррозионно-стойкой сталью), лопаток направляющего аппарата и др.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>			Среда	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+20	0	-20	-40	-60	-80						
376 <sup>2</sup>	—	10 <sup>7</sup>	Воздух	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180 <sup>3</sup>	—	10 <sup>7</sup>	Воздух												
156 <sup>3</sup>	—	10 <sup>7</sup>	Вода пресная												
<sup>2</sup> Гладкие образцы.															
<sup>3</sup> Надрезанные образцы.															
Технологические характеристики [1, 75]															
Температура начала затвердевания стали, °С		1515–1530	Жидкотекучесть	K <sub>ж.т</sub> = 1,8	Склонность к образованию усадочной раковины			K <sub>у.р</sub> = 1,0							
Линейная усадка, %		2,1–2,3	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 0,8	Склонность к образованию усадочной пористости			K <sub>у.п</sub> = 1,0							
Свариваемость			Обрабатываемость резанием				Флокеночувствительность								
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ			В нормализованном и отпущенном состоянии при σ <sub>n</sub> = 650 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,65 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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					
<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV <sub>-60</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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	
<b>Назначение.</b> Детали, работающие на износ в условиях ударных нагрузок и высоких давлений: корпуса и бронефутерованные 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 <sup>2</sup>			Состояние стали	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80			
176–196	—	10 <sup>6</sup>	σ <sub>в</sub> = 640–710 Н/мм <sup>2</sup>	280–350	—	240–320	220–300	190–300	90–120	Закалка 1080–1100°С, в воду (отливки сечением 30 мм).		
333	—	10 <sup>6</sup>	192 HB									
804	—	10 <sup>6</sup>	616 HB									
Технологические характеристики												
Температура начала затвердевания стали, °С		1350–1370		Жидкотекучесть		K <sub>ж.т</sub> = 0,8		Склонность к образованию усадочной раковины		K <sub>у.р</sub> = 1,7		
Линейная усадка, %		2,6–2,7		Показатель трещиностойчивости		K <sub>т.у</sub> = 0,4		Склонность к образованию усадочной пористости		K <sub>у.п</sub> = 2,5		
Свариваемость				Обрабатываемость резанием				Флокеночувствительность				
Не применяется для сварных конструкций.				В закаленном состоянии при ≤ 220 HB K <sub>v</sub> = 0,25 (твердый сплав)				Не чувствительна				
								Склонность к отпускной хрупкости				
								Не склонна				

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>									
<b>08ГДНФЛ</b>		<b>Отливки — ГОСТ 977–88, ТУ 108.11.589–87, ТУ 108.11.882–86, ТУ 108–989–80.</b>									
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88</b>								<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Ni	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\delta$ ) и относительного сужения ( $\psi$ ) 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\delta$ ) не более 10% по согласованию изготовителя, проектанта и головной материаловедческой организации.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ТУ 108–989–80	Мартеновская сталь			Толщина стенки $\geq 100$	20	340	440	20	45	—	—	—
					–40	—	—	—	—	34	—	—
				Электросталь	$\phi$ 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [I]						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 трещиностойкости	$K_{т.у} = 0,8$	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 $\geq 130$ НВ и $\sigma_b = 440$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 1,6$ (твердый сплав), $K_v = 1,3$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Температура нагрева 840°С.												
Механические свойства при комнатной температуре												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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									
<b>Назначение.</b> Отливки деталей тяжелого и транспортного машиностроения для эксплуатации в условиях низких температур и высоких скоростей нагружения.												
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+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			Обработываемость резанием				Флокеночувствительность					
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП, ЭШ и КТ.			В закаленном и отпущенном состоянии при 150 HB и σ <sub>в</sub> = 500 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,2 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,85 (быстрорежущая сталь)				Мало чувствительна					
							Склонность к отпускной хрупкости					
							Мало склонна					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
<b>08Г2ДНФЛ</b>		<b>Отливки — ГОСТ 21357–87, ТУ 108.11.973–88.</b>											
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 21357–87</b>									<b>Температура критических точек, °С</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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	
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 108.11.973–88</b>													
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%.													

<b>Механические свойства при температуре</b>																			
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 свариваемые детали повышенной прочности. Отливки деталей гидротурбин.

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Термообработка
			σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	+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 <sub>ж.т</sub> = 1,8	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,0
Линейная усадка, %	2,1	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 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 <sub>в</sub> = 500 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>в</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>в</sub> = 0,85 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Не склонна

Марка стали		Вид поставки													
05Г4МНФЛ		Отливки — ТУ 108.11.817–85.													
Массовая доля элементов <sup>1</sup> , %, по ТУ 108.11.817–85										Температура критических точек, °С					
С	Si	Mn	S	P	Ti	Ni	Mo	Cu	V	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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
<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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.															
<b>Назначение.</b> Отливки деталей гидротурбин, в том числе для рабочих колес (с облицовкой коррозионно-стойкой сталью), лопаток направляющего аппарата и др.															
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]			Среда	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]					Термообработка						
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 60		- 80					
400	—	10 <sup>7</sup>	Воздух	—	—	—	—	—	—	—					
Технологические характеристики [1]															
Температура начала затвердевания стали, °С		1515–1530	Жидкотекучесть		K <sub>ж.т</sub> = 1,8		Склонность к образованию усадочной раковины			K <sub>у.р</sub> = 1,0					
Линейная усадка, %		2,1–2,3	Показатель трещиностойчивости		K <sub>т.у</sub> = 0,8		Склонность к образованию усадочной пористости			K <sub>у.п</sub> = 1,0					
Свариваемость			Обрабатываемость резанием					Флокеночувствительность							
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ			В нормализованном и отпущенном состоянии при σ <sub>b</sub> = 650 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,65 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>1</sup> , %, по ТУ 108.11.817–85									Температура критических точек, °С				
С	Si	Mn	S	P	Ti	Ni	Cu	V	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
≤ 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	—	—	
<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—		
<b>Назначение.</b> Отливки деталей гидротурбин, в том числе для рабочих колес (с облицовкой коррозионно-стойкой сталью), лопаток направляющего аппарата и др.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]			Среда	Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+20	0	-20	-40	-60	-80				
275	—	10 <sup>7</sup>	Вода	—	—	—	—	—	—	—			
Технологические характеристики [1, 75]													
Температура начала затвердевания стали, °С	1515–1530	Жидкотекучесть	К <sub>ж.т</sub> = 1,8	Склонность к образованию усадочной раковины	К <sub>у.р</sub> = 1,0								
Линейная усадка, %	2,1–2,3	Показатель трещиностойчивости	К <sub>т.у</sub> = 0,8	Склонность к образованию усадочной пористости	К <sub>у.п</sub> = 1,0								
Свариваемость			Обрабатываемость резанием				Флокочувствительность						
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ, МП и КТ			В нормализованном и отпущенном состоянии при σ <sub>b</sub> = 650 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,65 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 750–800 670, 20 ч	Вода С печью	Патрубок ø 780	20	583	698	24	65	160	—			
					350	495	602	18	50	—				
					20	604	686	23	60	193	—			
	350	510	619		17	50	—	—						
	20	508	669		11	30	187	—						
	350	425	571		19	57	—	—						
Дополнительный отпуск	620, 25 ч 650, 20 ч	С печью С печью	20	495	677	21	54	194	—					
			350	401	568	20	57	—	—					
НД	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup> , 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							
<b>Назначение.</b> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—		
					Проба 5Н	20	475	691	20	53	179	—		
						350	461	595	23	56	—	—		
	Проба 5Н	20	480	721	19	28	193	—						
		350	510	735	20	74	—	—						
	Проба 5Н	20	491	740	17	53	—	—						
		350	702	—	—	57	—	—						
	Проба 5Н	20	557	698	20	68	136	—						
		350	562	603	19	57	—	—						
	Проба 5Н	20	546	684	20	64	156	—						
		350	543	595	—	—	—	—						
	Проба 5Н	20	522	735	18	42	182	—						
		350	447	617	20	56	—	—						
	Проба 5Н	20	545	745	20	51	—	—						
		350	463	608	22	60	—	—						
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	—	—				
Дополнительный отпуск (45 ч)	620, 25 ч 650, 20 ч	С печью С печью	Проба 5Н	20	554	693	19	53	175	—				
				350	44,7	58,0	17	55	—	—				

10ГН2МФАЛ		Механические свойства											
НД	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С								Термообработка				
	КСУ				КСУ								
[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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
[36]	ТУ на кованный металл			ИЗ ТЕЛА ОБЕЧАЙКИ	20	340	540	16	55	78	—		
	Закалка: Нагрев Подстуживание на воздухе Отпуск				350	295	490	14	50	—	—		
					20	554	688	20	56	179	—		
					350	488	603	17	54	—	—		
					20	554	642	—	60	79	—		
	900, 9 ч до 820 Вода				350	—	600	18	54	—	—		
					20	549	686	16	—	88	—		
					350	488	593	18	54	—	—		
670, 25 ч Воздух				20	—	696	20	55	142	—			
			350	507	631	18	59	—	—				
			20	571	693	22	60	193	—				
			350	515	629	21	56	—	—				
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 <sup>2</sup> , при t, °С								Термообработка				
	КСУ				КСУ								
[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						
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]												
	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>						В.С., %						
Обечайка	- 40	- 20	- 12	0	+ 20	+ 40	- 40	- 20	- 12	0	+ 20	+ 40	Основная ТО: Нагрев 900°С, 9 ч., подстуживание на воздухе до 820°С, вода. Отпуск 670°С, 25 ч, воздух Дополнительный отпуск 620–650°С
	76	86	68	11	160	182	25	50	60	60	100	100	
	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 Дополнительный отпуск 620–650°С
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—								

Исследуемый материал	Ударная вязкость, КСВ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [36]						Термообработка
	По результатам трех испытаний			Среднее			Сварное соединение литой стали
	+ 20	0	- 10	+ 20	0	- 10	
Основной материал	121–175	57–73	44–88	154	65	66	ПС
Сварное соединение <sup>1</sup>	153–183	123–165	85–132	164	144	107	Отпуск 620°C, 5 ч; отпуск 650°C, 10 ч,
	131–158	83–151	68–135	146	127	101,5	Отпуск 620°C, 25 ч; отпуск 650°C, 20 ч,
Металл шва	137–138	81–145	76–125	137,5	123	97	Отпуск 620°C, 5 ч; отпуск 650°C, 10 ч,
	142–148	135–143	93–126	145	139	113	Отпуск 620°C, 25 ч; отпуск 650°C, 20 ч,

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup> $K_v = 1,3$ (твердый сплав), $K_v = 0,7$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Не склонна

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>										
20НЗДМЛ		Отливки — ТУ 54.41–866–96.										
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 54.41–866–96</b>									<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]					Термообработка	
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0 <sup>1</sup>	– 20	– 40 <sup>1</sup>	– 60		– 80
—	—	—	—	30	—	15	39	—	Нормализация + отпуск.
—	—	—	—	61	—	35	59	—	Закалка + отпуск.

<sup>1</sup> Приведена работа удара, Дж.

**Технологические характеристики [1]**

Свариваемость	Обрабатываемость резанием	Флокеночувствительность
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и ЭЛ	При σ <sub>в</sub> = 590 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,98 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,65 (быстрорежущая сталь)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Мало склонна

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>												
32X06Л		Отливки — ГОСТ 977–88.												
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
0,25–0,35	0,20–0,40	0,40–0,90	≤ 0,050	≤ 0,050	0,50–0,80	—	—	—	—	755	810	—	—	350
<sup>1</sup> Температура нагрева 850°С.														

**Механические свойства при комнатной температуре**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [4]			Состояние стали	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка	
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	– 20	– 40	– 60		– 80
172	—	10 <sup>6</sup>	При σ <sub>в</sub> = 490 Н/мм <sup>2</sup>	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 <sub>ж.т</sub> = 1,6	Склонность к образованию усадочной раковины	К <sub>у.р</sub> = 0,8
Линейная усадка, %	1,8	Показатель трещиностойчивости	К <sub>т.у</sub> = 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 <sub>в</sub> = 638 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,8 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Не склонна

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
40ХЛ		Отливки — ГОСТ 977–88.											
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup> $K_v = 1,1$ (твердый сплав), $K_v = 0,6$ (быстрорежущая сталь)	Мало чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Склонна

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
70ХЛ		Отливки — НД заводов-изготовителей.											
<b>Массовая доля элементов, %</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 менее					—	≥ 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	- 20	- 30	- 40	- 50	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**Технологические характеристики**

Температура начала затвердевания стали, °С	1458–1469	Жидкотекучесть	K <sub>ж.т</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,0
Линейная усадка, %	2,2–2,3	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 0,6	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 1,0

Свариваемость	Обрабатываемость резанием	Флокеночувствительность
Не применяется для сварных конструкций.	В закаленном и отпущенном состоянии при 262–269 HB и σ <sub>B</sub> ≥ 686 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,55 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,35 (быстрорежущая сталь)	Мало чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее				
ОСТ 108.961.04–80	Нормализация	880–920	На подине	—	196	392	20	40	49	—	—					
	Отпуск	620–650	С печью до 300°C													
<b>Назначение.</b> Различные детали, работающие при температуре до 510°C.																
Сталь теплоустойчивая перлитного класса.																
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка						
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+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 <sup>2</sup> $K_v = 1,4$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Температура нагрева 920°С.												
Механические свойства при комнатной температуре												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
ДЦ	Нормализация	900–920	Воздух	До 100	250	450	20	40	80	—	200	
	Отпуск	630–650	Воздух, печь									
<b>Назначение.</b> Детали, работающие длительное время при температурах до 500°С; корпуса тележек обжиговых машин и др.												
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>B</sub> = 450 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,2 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,1 (быстрорежущая сталь)				Мало чувствительна					
							<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>					
							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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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	<sup>1</sup> Температура нагрева 920°С.				
Механические свойства при комнатной температуре														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB [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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB			
	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч									
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>5</sup>									
ОСТ 108.961.02-79	Нормализация	880-900	Воздух	520	110									
	Отпуск	600-650	Воздух											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB			
	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч									
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>5</sup>									
ОСТ 108.961.03-79	Нормализация	880-900	Воздух	520	110									
	Отпуск	600-650	Воздух											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB			
	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<sub>0,2</sub>), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (КCU).
2. Временное сопротивление (σ<sub>b</sub>), 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.

20ХМЛ												
Механические свойства в интервале температур												
НД	Режим термообработки			t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
не менее или в пределах												
ОСТ 108.961.04-80	Нормализация Отпуск	880-910 620-650	Воздух Воздух, с печью	20	304-392	471-549	12-28	27-66	69-168	—	—	
				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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч							
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>			1·10 <sup>5</sup>				
ОСТ 108.961.04-80	Нормализация Отпуск	880-910 620-650	Воздух Воздух, с печью	500	265			177				
				560	123			88				
				600	64			39				
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
не менее												
ОСТ 26 291-94	Нормализация Отпуск	880-890 600-650	Воздух Воздух	До 100	20	245	441	18	30	29	—	—
					-40	—	—	—	—	20	—	—
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	Угол загиба, град	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[7]	Нормализация Отпуск	880-890 600-650	Воздух Воздух	До 100	250	450	18	30	30	135-180	120	
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 Отпуск	890-910, 8 ч 640-660, 8 ч	Воздух До 300°C со скоростью 40-50°C/ч	20	305-390	470-550	12-28	27-66	69-167	—	—	
				400	345	430	17-21	59-62	78	—	—	
				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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>			
[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	—	—			
				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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>исп.</sub> , °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Состав стали, %
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда	t, °С	$\tau$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ <sup>1</sup> , Дж/см <sup>2</sup>	Состав стали, %
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда	t, °С	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , 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	

<sup>1</sup> 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	$K_{у.п} = 1,0$
<b>Свариваемость</b>		<b>Обрабатываемость резанием</b>			<b>Флокеночувствительность</b>
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 <sup>2</sup> $K_v = 1,1$ (твердый сплав), $K_v = 0,8$ (быстрорежущая сталь)			Не чувствительна
					<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
					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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч							
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>5</sup>							
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч							
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>5</sup>							
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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<sub>0,2</sub>), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (КCU).
2. Временное сопротивление (σ<sub>в</sub>), 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, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °С	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, °С	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
[34]	Рекомендуемый режим:			—	не менее или в пределах							
	Арматура и трубопроводы											
	Нормализация	940-950	Воздух		320	500	14	30	30	—	—	
	Нормализация	920-940	Воздух		Цилиндры							
	Отпуск	690-710	Со скоростью ≤ 50°С/ч		150-170	280	—	—	—	—	—	—
					Корпусы клапанов							
					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°С.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°С (ПНАЭГ-7-008-89).

Сталь теплоустойчивая перлитного класса.

## Механические свойства стали при различных температурах

НД	Режим термообработки			t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	Состав стали, %			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
[34]	Нормализация	940-950	Воздух	20	320	500	9	13	20	0,19-0,25 С			
				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							
	Нормализация	950	Воздух	20	260	500	24	36	60	0,24-0,25 С			
				Отпуск	680-700, 10-14 ч	Воздух	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>					
[34]	Нормализация	950	Воздух	480	280	240	—	105					
		680–700, 10–14 ч		500	220	180	—	—					
	Отпуск			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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>пол.</sub> , °C	σ, Н/мм <sup>2</sup>	τ, ч	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	ККУ <sup>1</sup> , Дж/см <sup>2</sup>	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	—	

<sup>1</sup> Цилиндрические образцы диаметром 8 мм с круговым надрезом (R<sub>n</sub> = 1 мм).

20ХМФЛ											
Механические свойства наплавленного металла при различных температурах											
НД	Режим термообработки			t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	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, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч				
					1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>				
[34]	Сварное соединение			475	—	240	—				
				525	—	140	—				
				540	—	110	—				
	Наплавленный металл			475	—	270	—				
				480	—	—	140				
				560	160	—	—				
Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> ч				Окалинистость (глубина проникновения)							
—				Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч				
Чувствительность к охрупчиванию при старении [1]				Паровая среда							
Время, ч	t, °C	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>									
Исходное состояние			29								
30000	550	100	610					0,107	10000		
50000	600	180	610					0,284	10000		
Технологические характеристики [1]											
Температура начала затвердевания стали, °C	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 $\leq 223$ HB и $\sigma_B = 500$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,6$ (быстрорежущая сталь)			Удлинение в условиях длительного разрыва (10000 ч) при 525–560°C составляет 2–5%					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>												
35ХМЛ		Отливки — ГОСТ 977–88, ГОСТ 21357–87, ТУ 26–06–166–82.												
<b>Массовая доля элементов, %</b>									НД	<b>Температура критических точек, °С</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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	<sup>1</sup> Температура нагрева 850°С.				

**Механические свойства при комнатной температуре**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV <sub>-60</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	20	—
	Отпуск	620–640	Воздух	—	—	—	—	—	—	—	—
ДЦ	Отжиг	850–870	С печью	—	Не определяются						160–229

<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С							Термообработка	
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>ж.т</sub> = 1,0	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,1
Линейная усадка, %	2,2–2,3	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 0,8	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 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 <sub>B</sub> = 850–980 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,80 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,75 (быстрорежущая сталь)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Температура нагрева 970°С.														
Механические свойства при комнатной температуре														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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											
<b>Назначение.</b> Детали вагоностроения, металлургического оборудования и других деталей тяжелого и транспортного машиностроения.														
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>ж.т</sub> = 0,9		Склонность к образованию усадочной раковины			K <sub>у.р</sub> = 1,1				
Линейная усадка, %		2,1–2,3	Показатель трещиностойкости		K <sub>т.у</sub> = 0,8		Склонность к образованию усадочной пористости			K <sub>у.п</sub> = 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 <sub>r</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч								
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>5</sup>								
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч								
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>5</sup>								
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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<sub>0,2</sub>), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (КCU).
2. Временное сопротивление (σ<sub>в</sub>), 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч							
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>			1·10 <sup>5</sup>				
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[34]	В термически обработанном состоянии			—	Арматура и трубопроводы							
					350	500	14	30	30	—	—	
					Цилиндры							
					150-170	300	500	14	30	30	—	140
					Корпусы клапанов							
					100-150	320	500	14	30	30	—	140
[34]	В термически обработанном состоянии			60-150	Обоймы							
					300	500	14	30	30	—	140	
					Паровые и сопловые коробки, крышки клапанов и др.							
60-150	350	500	14	30	30	—	140					
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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		
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> )												
НД	Режим термообработки			t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>5</sup>	
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , 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 10<sup>4</sup> 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	КCU, Дж/см <sup>2</sup>					
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

## Обрабатываемость резанием

Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ. Необходимы предварительный и сопутствующий подогрев и последующая термообработка	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				
С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	V	B	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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					—	—			
<b>Назначение.</b> Шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса и др.														
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 трещиностойчивости		—		Склонность к образованию усадочной пористости			—			
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 196–255 НВ и σ <sub>в</sub> = 700 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,5 (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна						
								Склонность к отпускной хрупкости						
								Склонна						

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>										
<b>30ХГСФЛ</b>		<b>Отливки — ГОСТ 977–88.</b>										
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88</b>									<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	V	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80	
402	—	10 <sup>5</sup>		—	—	—	33	—	—	Нормализация
333	—	10 <sup>5</sup>		82	—	—	—	44	—	Закалка 900–930°С, масло; отпуск 640–680°С, 5 ч, воздух
333	—	10 <sup>7</sup>								

**Технологические характеристики**

Температура начала затвердевания стали, °С	1486–1495	Жидкотекучесть	K <sub>ж.т</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,1
Линейная усадка, %	2,2–2,3	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 0,7	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 1,0

Свариваемость	Обрабатываемость резанием	Флокеночувствительность
Ограниченно свариваемая. Способ сварки: РД. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка.	В отожженном состоянии при σ <sub>в</sub> = 600 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>в</sub> = 0,9 (твердый сплав), K <sub>в</sub> = 0,7 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Мало склонна

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>										
35ХГСЛ		Отливки — ГОСТ 977–88.										
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88</b>									<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup> $K_v = 0,9$ (твердый сплав), $K_v = 0,7$ (быстрорежущая сталь)	Мало чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Мало склонна

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
<b>15Г2ХФЛ</b>		<b>Отливки — ТУ 24.11045–98.</b>											
<b>Массовая доля элементов<sup>1</sup>, %, по ТУ 24.11045–98</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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
<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> 1515	Центробежно-литая заготовка							—	126		
					Нормализация	920–950	Воздух	толщина 107	Плавка ЭГ 116						
									260–270	450–460	28–31			67–69	322–368
					Отпуск	620–650	Печь или воздух	длина 5100	Плавка ЭГ 264						
									279	482–505	26–30			62–72	139–192

<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>			Среда	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка	
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	– 20	– 30	– 40		– 50
205	—	10 <sup>7</sup>	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 <sub>ж.т</sub> = 1,14	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,2
Линейная усадка, %	2,2–2,3	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 1,1	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 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 <sub>B</sub> = 460 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,65 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 1,38 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		не менее									
ДЦ	Закалка	1100–1150	Вода	—	По согласованию					—	≤ 220			
<p><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+20	0	-20	-30	-40	-50					
—	—	—		—	—	—	—	—	—	—				
Технологические характеристики														
Температура начала затвердевания стали, °С		1350–1390		Жидкотекучесть		K <sub>ж.т</sub> = 0,8		Склонность к образованию усадочной раковины			K <sub>у.р</sub> = 1,7			
Линейная усадка, %		2,6–2,7		Показатель трещиностойкости		K <sub>т.у</sub> = 0,4		Склонность к образованию усадочной пористости			K <sub>у.п</sub> = 2,5			
Свариваемость				Обрабатываемость резанием				Флокеночувствительность						
Не применяется для сварных конструкций.				В закаленном состоянии при 229 HB K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										
ГОСТ 977–88	Закалка	1120–1150	Вода	До 100	441	883	50	40	245	—	≤ 220		
<p><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+20	0	-20	-30	-40	-50					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
Технологические характеристики													
Температура начала затвердевания стали, °С		1360 – 1380	Жидкотекучесть		K <sub>ж.т</sub> = 0,8		Склонность к образованию усадочной раковины			K <sub>у.р</sub> = 1,7			
Линейная усадка, %		2,6 – 2,7	Показатель трещиностойчивости		K <sub>т.у</sub> = 0,4		Склонность к образованию усадочной пористости			K <sub>у.п</sub> = 2,5			
Свариваемость				Обрабатываемость резанием				Флокеночувствительность					
Не применяется для сварных конструкций.				В закаленном состоянии при 229 HB K <sub>v</sub> = 0,25 (твердый сплав)				Не чувствительна					
								Склонность к отпускной хрупкости					
								Не склонна					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>												
35ХНЛ		Отливки — ТУ 24-1-12-181-75.												
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 24-1-12-181-75</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	B	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Температура нагрева 845°С.														

**Механические свойства при комнатной температуре**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	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 <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80	
470	—	10 <sup>5</sup>		39–108	—	26–64	22–56	15–46	—	Закалка 860–880°С.
328	—	10 <sup>6</sup>								Отпуск 580–630°С.
314	—	10 <sup>7</sup>								Нормализация 920°С.

**Технологические характеристики**

Температура начала затвердевания стали, °С	1550–1580	Жидкотекучесть	K <sub>ж.т</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,3
Линейная усадка, %	2,2	Показатель трещиностойкости	K <sub>т.у</sub> = 1,3	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 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 HB и σ <sub>в</sub> = 690–900 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,72 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,63 (быстрорежущая сталь)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Склонна

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>												
40ХНЛ		Отливки — ГОСТ 977–88.												
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Температура нагрева 845°С.														

**Механические свойства при комнатной температуре**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB						
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда														
ГОСТ 977–88	Нормализация	860–900	Воздух	До 100	481	672	12	25	38	—	207–269 <sup>2</sup>						
	Отпуск	550–650	Воздух									Не определяются					
	Закалка	830–870	Масло														
	Отпуск	550–650	Воздух														

<sup>2</sup> Данные ЦНИИТМАШ.**Назначение.** Шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса и др.

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>			Термообработка	Ударная вязкость, КСВ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	0	– 20	– 40	– 60		– 80
470	—	10 <sup>5</sup>								
328	—	10 <sup>6</sup>		38–108	—	27–60	22–50	15–30	—	Закалка 830–870°С. Отпуск 550–650°С.
314	—	10 <sup>7</sup>								

**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 <sup>2</sup> $K_v = 0,65$ (твердый сплав), $K_v = 0,5$ (быстрорежущая сталь)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Склонна

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>												
<b>30ХНМЛ</b>		<b>Отливки — ГОСТ 977–88.</b>												
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88</b>									<b>Температура критических точек, °С</b>					
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>	
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	
<sup>1</sup> Температура нагрева 850°С.														

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
ГОСТ 977–88	Нормализация	860–880	Воздух	—	540	687	12	20	29	—	—		
	Отпуск	600–650	Воздух	—	540	687	12	20	29	—	—		
	Закалка	860–870	Масло	—	638	785	10	20	39	—	—		
	Отпуск	600–650	Воздух	—	638	785	10	20	39	—	—		
ДЦ	Отжиг	820–840	С печью	—	Не определяются					—	—		
	Закалка	840–860	Вода	До 100	686	784	10	20	39	—	234–302		
	Отпуск	580–600	Вода	До 100	686	784	10	20	39	—	234–302		
	Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ и низкий отпуск	—	Вода, водный раствор глицерина	—	Не определяются					Поверхности 38–55	—		

**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.

<b>Предел выносливости, Н/мм<sup>2</sup></b>		Термообработка	<b>Ударная вязкость, КСУ, Дж/см<sup>2</sup>, при t, °С</b>						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	- 20	- 30	- 40	- 50	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

#### Технологические характеристики

Температура начала затвердевания стали, °С	1480–1493	Жидкотекучесть	K <sub>ж.т</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,3
Линейная усадка, %	2,1–2,2	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 1,3	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 1,0

<b>Свариваемость</b>	<b>Обрабатываемость резанием</b>	<b>Флокеночувствительность</b>
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 <sub>в</sub> = 690–900 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>в</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>в</sub> = 0,65 (быстрорежущая сталь)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Мало склонна

Марка стали		Вид поставки											
150ХНМЛ		Отливки — НД заводов-изготовителей.											
Массовая доля элементов, %									Температура критических точек, °С				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
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	
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+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 <sub>v</sub> = 0,57 (твердый сплав)				Чувствительна					
								Склонность к отпускной хрупкости					
								Не склонна					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>												
27ХН2МФЛ		Отливки — ГОСТ 21357–87.												
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 21357–87</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Температура нагрева 830°С.														

**Механические свойства при комнатной температуре**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU <sub>-60</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	KCV <sub>-60</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>ж.т</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,3
Линейная усадка, %	2,1–2,2	Показатель трещиностойкости	K <sub>т.у</sub> = 1,3	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 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 <sub>в</sub> = 1000 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>т</sub> = 0,50 (твердый сплав)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Мало склонна

Марка стали		Вид поставки										
35ХН2МЛ		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
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
<sup>1</sup> Температура нагрева 850°С.												
Механические свойства при комнатной температуре												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—
<b>Назначение.</b> Зубчатые венцы, зубчатые колеса и другие сильно нагруженные детали.												
Сталь имеет повышенную склонность к камневидному излому и трещинам.												
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Технологические характеристики												
Температура начала затвердевания стали, °С		1480–1493	Жидкотекучесть		K <sub>ж.т</sub> = 0,9		Склонность к образованию усадочной раковины		K <sub>у.р</sub> = 1,3			
Линейная усадка, %		2,1	Показатель трещиностойчивости		K <sub>т.у</sub> = 1,3		Склонность к образованию усадочной пористости		K <sub>у.п</sub> = 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 <sub>B</sub> = 650 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	255
	Отпуск	730–740 5 ч	Охлаждение с печью										
<b>Назначение.</b> Корпусы, клапаны и другие детали турбин, работающие при температуре до 580°C. Сталь теплоустойчивая перлитного класса.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка			
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80				
—	—	—		—	—	—	—	—	—	—			
Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> ч				Жаростойкость									
—				Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год			База испытаний, ч				
Чувствительность к охрупчиванию при старении				—	—	—	—	—	—				
Время, ч	t, °C	KCU, Дж/см <sup>2</sup>											
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 трещиностойкости	$K_{т.у} = 0,9$	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 <sup>2</sup> $K_v = 0,60$ (твердый сплав), $K_v = 0,15$ (быстрорежущая сталь)				Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
								720–810	> 1000	~ 500	~ 830		

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>												
<b>14X2ГМРЛ</b>		<b>Отливки — ГОСТ 21357–87, ТУ 24–1–12–181–75.</b>												
<b>Массовая доля элементов, %</b>										<b>НД</b>	<b>Температура критических точек, °С</b>			
<b>С</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>B</b>		<b>Ac<sub>1</sub></b>	<b>Ac<sub>3</sub></b>	<b>Ar<sub>1</sub></b>	<b>Ar<sub>3</sub></b>
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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСV <sub>-60</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	НВ							
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда															
ГОСТ 21357–87	Закалка	920–930	Вода или масло	—	600	700	14	25	49 <sup>1</sup>	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	590	710	17	50	134	—	—							
	Закалка	930	Вода	100														
	Отпуск	640	Воздух	140														
	Отжиг	940	5 ч	—								410	630	16	26	32	—	≥ 196
				10 ч								—	370	600	18	33		32

<sup>1</sup> КСУ при минус 60°С.**Назначение.** Тяжело нагруженные литые и сварно-литые детали больших сечений карьерных и шагающих экскаваторов.

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Сечение, мм	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 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 $\sigma_b = 700$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,75$ (твердый сплав), $K_v = 0,5$ (быстрорежущая сталь)	Чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Мало склонна

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
110Г13Х2БРЛ		Отливки — ГОСТ 977–88.											
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88</b>										<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	B	Cu	Nb	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 $\leq 220$ HB $K_v = 0,25$ (твердый сплав)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>	
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	
<sup>1</sup> Температура нагрева 860°C.														
Механические свойства при комнатной температуре														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU <sub>-60</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	KCV <sub>-60</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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											
<b>Назначение.</b> Литые детали, работающие при температуре до – 70°C (ответственные сварно-литые конструкции больших сечений карьерных и шагающих экскаваторов).														
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Место вырезки образцов из отливки толщиной до 300 мм	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 30	– 40	– 70					
—	—	—	Поверхность	75	—	—	—	53	—	Закалка с 860–880°C, вода и отпуск при 580–600°C, воздух.				
			Центр	70	—	—	—	41	—					
Технологические характеристики														
Температура начала затвердевания стали, °С		1475–1485	Жидкотекучесть	K <sub>ж.т</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной раковины				K <sub>у.р</sub> = 1,3					
Линейная усадка, %		2,1–2,2	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 1,3	Склонность к образованию усадочной пористости				K <sub>у.п</sub> = 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 <sub>b</sub> = 800 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,63 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,36 (быстрорежущая сталь)				Мало чувствительна							
							Склонность к отпускной хрупкости							
							Мало склонна							

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>								
20Х5МЛ		Отливки — ГОСТ 977–88.								
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88</b>							<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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								
	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.

<b>Предел выносливости, Н/мм<sup>2</sup></b>		Термообработка	<b>Ударная вязкость, KCU, Дж/см<sup>2</sup>, при t, °С [1]</b>						Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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

<b>Коэффициент чувствительности к надрезу за 10<sup>4</sup> ч</b>			<b>Жаростойкость [1]</b>			
—			Среда	t, °С	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч
<b>Чувствительность к охрупчиванию при старении</b>			Жаростойкая в горячих нефтяных средах, содержащих сернистые соединения. Жаростойкость до 600°С			
Время, ч	t, °С	KCU, Дж/см <sup>2</sup>				
Исходное состояние		—				
—	—	—				

<b>Технологические характеристики [1]</b>		
<b>Свариваемость</b>	<b>Обрабатываемость резанием</b>	<b>Флокеночувствительность</b>
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 <sub>в</sub> = 600 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,45 (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Не склонна

Марка стали		Вид поставки									
15X6СМТЛ (X6СМТЛ)		Отливки — НД заводов-изготовителей.									
Массовая доля элементов, %								Температура критических точек, °С			
С	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Ti	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ДЦ	Отжиг	850–870	Печь, воздух	100	348	545	15	30	—	—	—
<b>Назначение.</b> Детали, работающие под нагрузкой при температуре до 750°С: подколосниковые балки тележек обжиговых машин.											
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>n</sub> = 540 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ag <sub>1</sub>	Ag <sub>3</sub>
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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
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	—
<p><b>Назначение.</b> Клапаны выпуска дизельных моторов, трубки рекуператоров, теплообменники, колосники, литые детали печей нефтезаводов при температуре до 700°С, крепежные детали и др.</p> <p>Сталь жаростойкая до 800°С и жаропрочная до 700°С мартенситного класса.</p>											
Предел ползучести, Н/мм <sup>2</sup>				Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка		
σ <sub>1-10<sup>-7</sup></sub> <sup>500</sup>	95			+ 20	0	– 20	– 40	– 60			
σ <sub>1-10<sup>-7</sup></sub> <sup>600</sup>	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 <sub>v</sub> = 1,6 (твердый сплав)				—			
								Склонность к отпускной хрупкости			
								—			

<b>Марка стали</b> 15X11МФБЛ (1X11МФБЛ, X11ЛА)		<b>Вид поставки</b> Отливки — ОСТ 108.961.04–80.												
<b>Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.961.04–80</b>											<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Nb	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
0,13–0,20	≤ 0,60–0,55	≤ 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	—	—

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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<sub>0,2</sub> > 550 Н/мм<sup>2</sup> производить доотпуск.

**Назначение.** Литые детали турбин (сопла, цилиндры, диафрагмы) и арматура, работающие при температуре 580–600°С.

Сталь жаропрочная мартенситно-ферритного класса.

<b>Механические свойства при различных температурах</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—

<b>Пределы длительной прочности и ползучести</b>							
НД	t, °С	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч				Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	2·10 <sup>5</sup>	3·10 <sup>5</sup>	4·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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	—	—	—	—

<b>Чувствительность к охрупчиванию при старении</b>			<b>Жаростойкость [36]</b>			
Время, ч	t, °С	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>2</sub> O)	580	0,08	—
10000	650	36–125		600	0,11	—

<b>Технологические характеристики</b>					
Температура начала затвердевания стали, °С	1484–1494	Жидкотекучесть	K <sub>ж.т</sub> = 1,0	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,1
Линейная усадка, %	2,2–2,3	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 0,5	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 0,5

<b>Свариваемость</b>	<b>Обработываемость резанием</b>
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 <sub>в</sub> ≥ 650 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>в</sub> = 0,55 (твердый сплав), K <sub>в</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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		
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]			Среды испытания	Состояние стали	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]					Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N			+ 20	0	– 20	– 40	– 60		– 80		
270	—	10 <sup>7</sup>	Воздух	σ <sub>0,2</sub> = 450 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>b</sub> = 650 Н/мм <sup>2</sup>	110	—	90	63	—	—	Закалка 950°С. Отпуск 690°С		
230	—	10 <sup>7</sup>	Вода										
Гидроабразивная стойкость (по сравнению со сталью марки 25)					Кавитационная стойкость <sup>1</sup>								
Коэффициент износостойкости при абразивном износе, Σ	Коэффициент износостойкости при гидроабразивном износе, Σ <sub>r</sub>	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		<sup>1</sup> Испытания на магнитострикционном вибраторе.								
Технологические характеристики [1, 66, 67, 69, 71]													
Температура начала затвердевания стали, °С	1485–1491	Жидкотекучесть	K <sub>ж.т</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,1								
Линейная усадка, %	2,2–2,3	Показатель трещиностойкости	K <sub>т.у</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 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 <sub>b</sub> = 638 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{B\tau}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	1050										
	Отпуск	710–730 (10–15 ч)	С печью до 200°C									
<sup>1</sup> Мелкие отливки (толщина стенки до 5 мм) могут подвергаться одной нормализации при температуре 1070–1090°C.												
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка		
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80			
—	—	—		—	—	—	—	—	—	—		
Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>										
Исходное состояние		29										
20000	565	70										
20000	600	70		Увлажненный воздух (15% H <sub>2</sub> 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 <sub>ж.т</sub> = 1,0		Склонность к образованию усадочной раковины			K <sub>у.р</sub> = 1,1		
Линейная усадка, %		2,2–2,3	Показатель трещиностойчивости		K <sub>т.у</sub> = 0,5		Склонность к образованию усадочной пористости			K <sub>у.п</sub> = 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 <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,3 (быстрорежущая сталь)				Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
							810– 820	880– 890	—		—	

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
<b>06X12H3ДЛ</b>		<b>Отливки</b> — 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.											
<b>Массовая доля элементов, %</b> по ТУ 108-978-80, ТУ 108.11.670-82, ТУ 108.1024-83								<b>Температура критических точек, °С</b>					
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\delta$ ) и ударная вязкость (KCV), определяемая на образцах типа 11.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\delta$ ) и ударная вязкость (KCV).

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\delta$ ) и ударная вязкость (KCV).
- Остальные показатели определяются и заносятся в сертификат.
- По соглашению Поставщика и Заказчика допускается установление в качестве сдаточного показателя относительное сужение ( $\psi$ ) вместо относительного удлинения ( $\delta$ ).

**Механические свойства при различных температурах**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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  $450^\circ\text{C}$  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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	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 <sup>2</sup> [1]			Термообработка	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]					Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+20	0	-20	-40	-60		-80
328 <sup>1</sup>	—	10 <sup>7</sup>	Основная термообработка и технологические отпуски	100	103	75	53	34	34	Нормализация 960°C. Нормализация 790°C. Отпуск 610°C. Технологические отпуски
250 <sup>2</sup>	—	10 <sup>7</sup>								

<sup>1</sup> Гладкие образцы.

<sup>2</sup> Образцы с надрезом.

## Коррозионная стойкость [1]

Вид коррозии	Среда	t, °C	Длительность, ч	Балл стойкости
Общая	Вода [H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ] — 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 <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ] — 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 <sub>2</sub>	154	2	Разрушение при $\sigma \geq \sigma_{0,2}$
	35% раствор MgCl <sub>2</sub>	120	5	Разрушение при $\sigma \geq \sigma_{0,2}$
	33% раствор MgCl <sub>2</sub>	116	30	Разрушение при $\sigma \geq \sigma_{0,2}$
	31% раствор MgCl <sub>2</sub>	110	500	Разрушений нет
	Вода — 200 мг/кг Cl <sup>-</sup> ; 6,0 – 0,3 мг/кг O <sub>2</sub>	350	600-1100	Разрушений нет
	Вода [H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ] — 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 <sub>ж.т</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,15
Линейная усадка, %	2,5-2,55	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 0,5

Свариваемость	Обрабатываемость резанием		Флоксочувствительность	
	В нормализованном и отпущенном состоянии при 187-255 НВ и $\sigma_b = 690$ Н/мм <sup>2</sup> K <sub>р</sub> = 0,76 (твердый сплав), K <sub>р</sub> = 0,5 (быстрорежущая сталь)		Не чувствительна	
			Склонность к отпускной хрупкости	
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ			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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>				
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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													
	Отпуск	720–750	Воздух													
Примечания.																
1. Прямо-сдаточными показателями являются: предел текучести (σ <sub>0,2</sub> ), относительное удлинение (δ) и ударная вязкость (KCU).																
2. Временное сопротивление (σ <sub>b</sub> ), 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.																
<b>Назначение.</b> 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 <sub>ж.т</sub> = 1,0	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,0											
Линейная усадка, %	2,3–2,4	Показатель трещиностойкости	K <sub>т.у</sub> = 0,8	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 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 <sub>b</sub> = 600 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,92 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,65 (быстрорежущая сталь)			Мало чувствительна										
						Склонность к отпускной хрупкости										
						Не склонна										

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>								
20Х13Л		Отливки — ГОСТ 977–88, ОСТ 108.961.04–80, ТУ 5.961–11100–79.								
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88</b>						<b>Температура критических точек, °С</b>				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	Mn <sup>1</sup>
0,16–0,25	0,20–0,80	0,30–0,80	≤ 0,025	≤ 0,030	12,0–14,0	820	860	—	—	305
<sup>1</sup> Температура нагрева 960°С.										

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\delta$ ) и ударная вязкость (КCU).
2. Временное сопротивление ( $\sigma_B$ ), относительное сужение ( $\psi$ ) 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1, 4]					Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	$K_{т.y} = 0,6$	Склонность к образованию усадочной пористости	$K_{y.n} = 1,0$
<b>Свариваемость</b>		<b>Обрабатываемость резанием</b>		<b>Флокеночувствительность</b>	
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 $\geq 170$ НВ и $\sigma_B = 550$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 1,25$ (твердый сплав), $K_v = 0,55$ (быстрорежущая сталь)		Мало чувствительна	
				<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>	
				Не склонна	

Марка стали		Вид поставки																	
10X13H3M1Л		Отливки — ТУ 24.11045–98.																	
Массовая доля элементов <sup>1</sup> , %, по ТУ 24.11045–98										Температура критических точек, °С									
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Nb	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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				
<sup>1</sup> 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB								
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда																
ТУ 24.11045–98	Отпуск	590–610	Печь	300	600	750	13,5	35	50	—	—								
	1 <sup>ая</sup> нормализация	950–970	Воздух									Не определяются							
	2 <sup>ая</sup> нормализация	780–800	Воздух																
	Отпуск	590–610	Печь или воздух																
ДЦ	Отпуск	590–610	Воздух	Вал D <sub>н</sub> =1332 D <sub>в</sub> =1160 L = 8437	Продольные образцы							—	255						
	1 <sup>ая</sup> нормализация	950–970	Воздух		711	870	16,4	48	147										
	2 <sup>ая</sup> нормализация	780–800	Воздух		725	873	19,2	62	171										
	Отпуск	590–610	Воздух		Тангенциальные образцы														
					707	862	16,0	48,4	82										
			711	859	17,4	62,0	172												
<b>Назначение.</b> 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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ] – 350 мг/кг pH 3,5			50	1000		2											
Точечная					50	1000		Отсутствует											
Коррозионное растрескивание					50	1000		При σ ≥ σ <sub>0,2</sub> разрушений нет											
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>			Среда	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка									
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+ 20	0	- 20	- 30	- 40	- 60										
450	—	10 <sup>7</sup>	Воздух	87–125	—	60–90	—	32–50	30–35	Отпуск 610°С, 1 <sup>ая</sup> нормализация 950°С, 2 <sup>ая</sup> нормализация 800°С, отпуск 610°С.									
350	—	10 <sup>8</sup>	Воздух																
230	—	10 <sup>8</sup>	Вода + NaCl + Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH 3,5																
Технологические характеристики																			
Температура начала затвердевания стали, °С		1490–1498	Жидкотекучесть		K <sub>ж.т</sub> = 0,9		Склонность к образованию усадочной раковины				K <sub>у.р</sub> = 1,15								
Линейная усадка, %		2,4–2,53	Показатель трещиностойчивости		K <sub>т.у</sub> = 0,9		Склонность к образованию усадочной пористости				K <sub>у.п</sub> = 0,5								
Свариваемость			Обрабатываемость резанием				Флокеночувствительность												
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ.			В нормализованном и отпущенном состоянии при σ <sub>B</sub> = 750 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,60 (твердый сплав)				Не чувствительна												
							Склонность к отпускной хрупкости												
							Не склонна												

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>											
<b>08X14НДЛ</b>		<b>Отливки — ГОСТ 977–88, ТУ 108–989–80.</b>											
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88</b>								<b>Температура критических точек, °С</b>					
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 977–88	Закалка	1000–1200	Воздух	До 100	510	648	15	40	59	—	—
	Отпуск	660–700	Воздух или печь								
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KV <sub>-10</sub> , Дж	HB
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ТУ 108–989–80	В состоянии поставки			Толщина стенки более 100, диаметр более 1200	500	650	15	40	—	21	—

**Назначение.** Детали, работающие в морской воде (гребные винты и пр.).

Сталь коррозионно-стойкая мартенситно-ферритного класса.

**Технологические характеристики [1]**

Температура начала затвердевания стали, °С	1485–1495	Жидкотекучесть	$K_{ж.т} = 0,9$	Склонность к образованию усадочной раковины	$K_{y.p} = 1,1$
Линейная усадка, %	2,2–2,3	Показатель трещиностойкости	$K_{т.у} = 0,9$	Склонность к образованию усадочной пористости	$K_{y.п} = 0,5$

Свариваемость	Обрабатываемость резанием	Флокеночувствительность
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ	В термообработанном состоянии при 217 НВ $K_v = 0,75$ (твердый сплав)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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									
<b>Назначение.</b> 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 <sup>1</sup> [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		—	—	—	—			
<sup>1</sup> Испытания на магнитострикционном вибраторе.				Межкристаллитная		—						
Технологические характеристики [1]												
Температура начала затвердевания стали, °С		1482–1492	Жидкотекучесть		К <sub>ж.т</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной раковины			К <sub>у.р</sub> = 1,2			
Линейная усадка, %		2,2–2,3	Показатель трещиностойкости		К <sub>т.у</sub> = 0,8	Склонность к образованию усадочной пористости			К <sub>у.п</sub> = 1,0			
Свариваемость			Обработываемость резанием				Флокеночувствительность					
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и ЭШ. Необходимы подогрев и последующая термообработка			В нормализованном и отпущенном состоянии при 170–235 НВ и σ <sub>b</sub> = 481 Н/мм <sup>2</sup> К <sub>v</sub> = 1,2 (твердый сплав), К <sub>v</sub> = 0,5 (быстрорежущая сталь)				Мало чувствительна					
							Склонность к отпускной хрупкости					
							Не склонна					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>												
<b>06X14H5ДМФЛ</b>		<b>Отливки — ТУ 24.11.029–91, ТУ 108–977–80, ТУ 108–978–80.</b>												
<b>Массовая доля элементов<sup>1</sup>, %, по ТУ 24.11.029–91</b>									<b>Температура критических точек, °С [1]</b>					
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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
<sup>1</sup> Дополнительно вводятся по расчету V — 0,08%, Ce — 0,08%, Al — 0,08%, Ca — 0,02%.														

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее
ТУ 24.11.029–91	1 <sup>ав</sup> нормализация	950–1050	Воздух	—	Не определяются					—	—	
	2 <sup>ав</sup> 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 <sup>2</sup> [1]			Среда испытания	Состояние стали	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]					Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N			+20	0	-20	-40	-60	
370	—	10 <sup>7</sup>	Воздух	σ <sub>0,2</sub> = 750 Н/мм <sup>2</sup> , σ <sub>в</sub> = 885 Н/мм <sup>2</sup> , 285 HB	125	125	121	115	118	Нормализация 970°С
310	—	10 <sup>7</sup>	Вода		135	133	134	135	119	Нормализация 800°С, воздух. Отпуск 620°С, воздух

<b>Коррозионная стойкость [1]</b>				
Вид коррозии	Среда	t, °С	Длительность, ч	Балл стойкости
Общая	Вода [H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ] — 16 г/кг, [KOH] — 0,02 г/кг, рН 8,25 (борированная вода)	20	1500	1
		100	1000	1
		350	3000	2
Точечная	Вода [H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ] — 16 г/кг, [KOH] — 0,02 г/кг, рН 8,25 (борированная вода)	20	1500	Отсутствует
		350	3000	Отсутствует
Коррозионное растрескивание	3% раствор NaCl	Кипение	1000	При σ ≥ σ <sub>0,2</sub> разрушений нет
	Вода [Cl <sup>-</sup> ] – 200 мг/кг	350	2000	При σ ≥ σ <sub>0,2</sub> разрушений нет
Межкристаллитная	Проверка на стойкость против МКК проводится по инструкции ИЦК 01–99.			

<b>Технологические характеристики [1]</b>					
Температура начала затвердевания стали, °С	1455	Жидкотекучесть	K <sub>ж.т.</sub> = 0,94	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р.</sub> = 1,1
Линейная усадка, %	2,35	Показатель трещиностойкости	K <sub>т.у.</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п.</sub> = 0,5
<b>Свариваемость</b>		<b>Обрабатываемость резанием</b>		<b>Флокеночувствительность</b>	
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД и РАД. Необходимы подогрев и последующая термообработка		В нормализованном и отпущенном состоянии при 220–295 HB и σ <sub>в</sub> = 750 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,60 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,35 (быстрорежущая сталь)		Не чувствительна	
				<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>	
				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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Работа удара, KV <sub>-10</sub> , 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				
<b>Назначение.</b> Детали, работающие в морской воде (тяжелонагруженные гребные винты ледоколов и др.).														
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка					
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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						
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ.				В закаленном и отпущенном состоянии при σ <sub>в</sub> = 738 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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								
<b>Назначение.</b> Детали, работающие при температуре до 700–750°C. Сталь жаропрочная аустенитного класса.											
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80		
—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	
Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> ч				Жаростойкость							
—				Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год			База испытаний, ч		
Чувствительность к охрупчиванию при старении				—	—	—	—	—	—	—	—
Время, ч	t, °C	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>									
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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,8 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>								
	Отпуск II	590–610	С печью								
<sup>1</sup> После отпуска I отливки по всей толщине должны быть охлаждены до 20°C.											
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]							
Коэффициент износостойкости при абразивном износе, $\Sigma$	Коэффициент износостойкости при гидроабразивном износе, $\Sigma_r$	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	<sup>2</sup> 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 $\sigma_{в} = 680$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,7$ (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 <sup>1</sup> , %, по ТУ 24.11045–98										Температура критических точек, °С			
С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Nb	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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	—	—	—	—
<sup>1</sup> Вводятся по расчету: Се – 0,08%, Са – 0,02%, Zr – 0,08%, Al – 0,08%.													
Механические свойства при комнатной температуре													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>в</sub> = 600 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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	—	—	—	—
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—		
<b>Назначение.</b> Отсасывающие валы бумагоделательных машин.													
Сталь коррозионно-стойкая аустенитно-ферритного класса.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка				
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80					
—	—	—	—	—	—	—	—	—					
<b>Технологические характеристики</b>													
Температура начала затвердевания стали, °С	1450 – 1470	Жидкотекучесть	K <sub>ж.т</sub> = 0,9	Склонность к образованию усадочной раковины				K <sub>у.р</sub> = 1,2					
Линейная усадка, %	2,7–2,8	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 1,0	Склонность к образованию усадочной пористости				K <sub>у.п</sub> = 0,5					
<b>Свариваемость</b>			<b>Обрабатываемость резанием</b>					<b>Флокеночувствительность</b>					
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ.			В закаленном и отпущенном состоянии при σ <sub>B</sub> = 650 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,65 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,4 (быстрорежущая сталь)					Не чувствительна					
								<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>					
								Не склонна					

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>									
10X18H9Л		Отливки — ГОСТ 977–88.									
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88</b>											
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				
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 977–88	Закалка	1050–1100	Вода, масло или воздух	До 100	177	441	25	35	98	—	—
<p><b>Назначение.</b> 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>											
<b>Коэффициент чувствительности к надрезу за 10<sup>4</sup> ч</b>				<b>Жаростойкость [1, 38]</b>							
—				Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч		Балл стойкости		
<b>Чувствительность к охрупчиванию при старении</b>				—	1000	0,018–0,020	500		4		
Время, ч	t, °C	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>									
Исходное состояние			—								
—	—	—									
<b>Технологические характеристики [1, 38]</b>											
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 трещиностойкости	$K_{т.у} = 1,0$	Склонность к образованию усадочной пористости				$K_{у.п} = 1,0$			
<b>Свариваемость</b>			<b>Обрабатываемость резанием</b>				<b>Флокеночувствительность</b>				
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ			В состоянии закалки при $\sigma_b = 441$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,72$ (твердый сплав)				Не чувствительна				
							<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>				
							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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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.												
<b>Назначение.</b> Детали разного назначения для энергомашиностроения (отливки средней части корпуса задвижки), сварные коррозионно-стойкие детали гидротурбин.												
Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса.												
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>			
[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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>									
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 <sup>2</sup> $K_v = 0,72$ (твердый сплав)			Не чувствительна					
						Склонность к отпускной хрупкости					
						Не склонна					

<b>Марка стали</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>12X18H9ТЛ</b>	<b>Отливки — ГОСТ 977–88, ОСТ 108.961.04–80, ОСТ 26 291–94, ТУ 26–06–166–82.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\delta$ ) и ударная вязкость (КCU).
2. Временное сопротивление ( $\sigma_b$ ), относительное сужение ( $\psi$ ) 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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.

12Х18Н9ТЛ												
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [4]			Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С [1]					Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N			+20	0	-20	-40	-60	-80		
196–235	132	10 <sup>7</sup>	—		78–108	—	—	—	—	—	1100°С, 4 ч, воздух	
Механические свойства при повышенных температурах												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>5</sup>					
[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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда	t, °С	τ, ч							
[6]	Нормализация	1100–1150	Воздух	Исходное состояние		200	510	35	35	110	—	
				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		K <sub>ж.т</sub> = 1,0		Склонность к образованию усадочной раковины			K <sub>у.р</sub> = 1,0		
Линейная усадка, %		2,7–2,8	Показатель трещиностойкости		K <sub>т.у</sub> = 1,0		Склонность к образованию усадочной пористости			K <sub>у.п</sub> = 1,0		
Свариваемость			Обрабатываемость резанием				Флокеночувствительность					
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ			В закаленном состоянии при σ <sub>в</sub> = 440 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>в</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>в</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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, сплав, 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 <sup>2</sup> , 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.											
<b>Назначение.</b> 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.											
<b>Жаростойкость [2]</b>						<b>Коррозионная стойкость [2]</b>					
Среда	t, °C	Глубина коррозии, мм	База испытаний, ч			Межкристаллитная					
Жаропрочна до температуры 800°C						Кислотостойкая и не подвержена МКК					
<b>Технологические характеристики [1]</b>											
<b>Свариваемость</b>			<b>Обрабатываемость резанием</b>				<b>Флокеночувствительность</b>				
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ			При 169 HB K <sub>v</sub> = 0,85 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,35 (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна				
							<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>				
							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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее				
ГОСТ 977–88	Закалка	1150–1180	Вода	До 100	294	540	12	—	29	—	207– 241 <sup>1</sup>					
	Старение	700–800	Воздух													
<sup>1</sup> Данные ЦНИИТМАШ.																
<b>Назначение.</b> Рабочие колеса турбины турбокомпрессоров, турбинные и направляющие лопатки, направляющие аппараты.																
Сталь жаропрочная аустенитного класса.																
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка						
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$			+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80							
—	—	—		—	—	—	—	—	—	—						
Длительная прочность и сопротивление ползучести																
t, °C	$\sigma_{1000}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{10000}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{100000}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{1/10000}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{1/100000}$ , Н/мм <sup>2</sup>											
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	—											
<b>Свариваемость</b>			<b>Обрабатываемость резанием</b>				<b>Температура критических точек, °C</b>									
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ.			В состоянии закалки и старения при $\sigma_b = 540$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,5$ (твердый сплав), $K_v = 0,3$ (быстрорежущая сталь)				Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>						
							—	—	—	—						

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>												
05X20AG15H9M1БФЛ (05X20AG15H9M1ФЛ)		Отливки — НД заводов.												
<b>Массовая доля элементов, %, по [379]</b>														
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.

<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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

<b>Механические свойства в интервалах температур</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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.

<b>Предел выносливости, Н/мм<sup>2</sup></b>			Термообработка	<b>Ударная вязкость, KCU, Дж/см<sup>2</sup>, при t, °C</b>					Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+20	0	–20	–40	–60	
295–345	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>1</sup>
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 <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O, γ=1,049 г/см <sup>3</sup> )	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 <sub>кнп</sub>	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 <sub>исп</sub> = (35±1)°C при температуре воды в увлажнителе t <sub>увл</sub> = (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
<sup>1</sup> По 10-балльной шкале коррозионной стойкости.					
Технологические характеристики [379]					
Температура начала затвердевания стали, °C	1385	Жидкотекучесть	K <sub>ж.т</sub> = 1,0	Склонность к образованию усадочной раковины	K <sub>у.р</sub> = 1,0
Линейная усадка, %	2,0–2,5	Показатель трещиностойчивости	K <sub>т.у</sub> = 1,0	Склонность к образованию усадочной пористости	K <sub>у.п</sub> = 1,0
<b>Свариваемость</b>		<b>Обрабатываемость резанием</b>		<b>Флокеночувствительность</b>	
Сваривается без ограничений. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ.		В закаленном состоянии при σ <sub>в</sub> = 700 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>р</sub> = 0,7 (твердый сплав), K <sub>в</sub> = 0,35 (быстрорежущая сталь)		Не чувствительна	
				<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>	
				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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 0,20	2,00–3,00	≤ 1,50	≤ 0,025	≤ 0,035	19,0–22,0	12,0–15,0	—	—	—	—	—	—
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее
ГОСТ 977–88	Нормализация	1100–1150	Воздух	До 100	245	491	20	25	—	—	—	
<p><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С					Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 20	0	– 20	– 40	– 60			
—	—	—			—	—	—	—	—	—		
<b>Технологические характеристики</b>												
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 <sub>в</sub> = 500 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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.											
<b>Назначение.</b> Корпусы насосов, кронштейны, крыльчатки, фитинги и другие детали печного и химического оборудования.											
Сталь коррозионно-стойкая аустенитно-ферритного класса.											
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка		
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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 $\sigma_b = 700$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,63$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
ГОСТ 977–88	Без термообработки			До 100	245	540	12	—	—	—	—	
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>		+ 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 <sub>в</sub> = 540 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,3 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80				
—	—	—		34–78	—	—	—	—	—	Без термообработки.			
Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> ч				Жаростойкость									
—				Среда	t, °С	Скорость коррозии <sup>1</sup> , мм/год			Группа стойкости				
Чувствительность к охрупчиванию при старении				Воздух	900	0,055							
Время, ч	t, °С	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	1000		0,322								
Исходное состояние			1050		1,66								
—	—	—	<sup>1</sup> Средняя скорость коррозии за 400 ч при 500 ч испытания.										
Технологические характеристики													
Температура начала затвердевания стали, °С		—		Жидкотекучесть <sup>2</sup>		—		Склонность к образованию усадочной раковины <sup>2</sup>		—			
Линейная усадка, %		2,7		Показатель трещиностойчивости <sup>2</sup>		—		Склонность к образованию усадочной пористости <sup>2</sup>		—			
<sup>2</sup> Литейные свойства удовлетворительны.													
Свариваемость				Обрабатываемость резанием				Флокеночувствительность					
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД и КТ.				В состоянии закалки при σ <sub>в</sub> = 500 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
ГОСТ 977–88	Без термической обработки			До 100	275	441	—	—	—	—	—	—	—
<p><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка		
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>				+ 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				Обработываемость резанием				Флокеночувствительность					
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, ЭШ и КТ. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка.				Без термообработки при σ <sub>в</sub> = 440 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 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, °С			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	W	Ti	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее	
ДЦ	Отжиг	750–800	Воздух	—					Не определяются	35–40	—		
	Нормализация	1050–1100	Воздух										
	Отпуск	500–550	Воздух										
<p><b>Назначение.</b> Проводковая арматура прокатных станков, чистовые валки проволочных и сортовых станков и другие детали, подвергаемые сильному тепловому и абразивному износу при повышенных температурах.</p> <p>Сталь обладает повышенным сопротивлением износу и хорошими литейными свойствами.</p>													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка		Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С						Термообработка			
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>			+ 20	0	– 20	– 30	– 50	– 70				
—	—	—		—	—	—	—	—	—	—			
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					
Не применяется для сварных конструкций.				В нормализованном и отпущенном состоянии при 54–55 HRC K <sub>v</sub> = 0,33 (твердый сплав)				Не чувствительна					
								Склонность к отпускной хрупкости					
								Не склонна					

Марка стали		Вид поставки														
20X25H13ATЛ		Фасонное литье — ОСТ 108.961.04–80.														
<b>Массовая доля элементов, %, по ОСТ 108.961.04–80</b>																
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					
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>																
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка							
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80								
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
<b>Технологические характеристики</b>																
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 трещиностойчивости	$K_{т.у} = 0,9$	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 <sup>2</sup> $K_v = 0,8$ (твердый сплав), $K_v = 0,48$ (быстрорежущая сталь)				Не чувствительна									
							Склонность к отпускной хрупкости									
							Не склонна									

<b>Марка стали</b>		<b>Вид поставки</b>										
20X25H19C2Л		Отливки — ГОСТ 977–88.										
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 977–88</b>									<b>Температура критических точек, °С</b>			
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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, лопатки 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 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, АФ и КТ.	В состоянии закалки при $\sigma_b = 500$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,88$ (твердый сплав), $K_v = 0,65$ (быстрорежущая сталь)	Не чувствительна
		<b>Склонность к отпускной хрупкости</b>
		Не склонна

Марка стали		Вид поставки												
05X26H6M2Д2АБФЛ		Отливки — ТУ 24.11045–98.												
Массовая доля элементов <sup>1</sup> , %, по ТУ 24.11045–98										Температура критических точек, °С				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	N	V	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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	—	—	—	—
<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда											
ТУ 24.11045–98	Закалка	1050–1070	Вода или воздух	—	440	680	25	40	50	—	—			
<p><b>Назначение.</b> Гауч-валы, формирующие валы и отсасывающие валы бумагоделательных машин, детали нефтегазового и химического оборудования, в частности, насосы сероочистки и др.</p> <p>Сталь коррозионно-стойкая аустенитно-ферритного класса.</p>														
Коррозионная стойкость														
Вид коррозии		Среда			t, °С	Длительность, ч	Балл стойкости							
Общая		Вода, CaCl <sub>2</sub> — 150 г/л, CaSO <sub>4</sub> — 1,2 г/л, MgSO <sub>4</sub> — 1,0 г/л.			20	3000	2							
		pH 4,0 – 4,5												
Точечная		Вода, CaCl <sub>2</sub> — 150 г/л, CaSO <sub>4</sub> — 1,2 г/л, MgSO <sub>4</sub> — 1,0 г/л. pH 4,0 – 4,5.			20	3000	Отсутствует							
		pH 2,2 – 2,4												
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>			Среда	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °С				Термообработка						
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N		+20	+60	–40	–50							
250	—	10 <sup>7</sup>	Вода + NaCl + Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (pH = 3,5)	50–53	85–98	7–8	—	Закалка 1050°С, вода.						
205	—	10 <sup>8</sup>												
165	—	10 <sup>9</sup>												
Технологические характеристики														
Температура начала затвердевания стали, °С		—		Жидкотекучесть		K <sub>ж.т</sub> = 0,9		Склонность к образованию усадочной раковины		K <sub>у.р</sub> = 1,2				
Линейная усадка, %		2,4–2,6		Показатель трещиностойчивости		K <sub>т.у</sub> = 0,9		Склонность к образованию усадочной пористости		K <sub>у.п</sub> = 0,5				
Свариваемость				Обрабатываемость резанием				Флокеночувствительность						
Ограниченно свариваемая. Способы сварки: РД, РАД, АФ и КТ.				В закаленном состоянии при σ <sub>н</sub> = 680 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,5 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[2]	Аустенизация	1080–1100, 2 ч	Воздух	До 140	392	784	20	—	—	—	—	
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [2]			Термообработка	Пределы длительной прочности [2]							
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч						
560	225	—	10 <sup>8</sup>	—	1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>						
					560	490–549	431–470					
700	206	—	10 <sup>8</sup>	—	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	t, °C	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время, ч							
Исходное состояние					1000	10000						
1000	560	78	560	343	333							
5000	560	78	600		323							
1000	600	69–78	650		294							
5000	600	69–78	700		245							
1000	700	59–69	750		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												

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>03X21H32M3Б</b> (ЧС-33), <b>03X21H32M3Б-ВИ</b> (ЧС-33-ВИ), <b>03X21H32M3Бу-ВИ</b> (ЧС-33у-ВИ)	<b>Сортовой прокат</b> — ОСТ 95-29-72. <b>Поковки</b> — ОСТ 95-29-72, ТУ 302.02.026-89. <b>Трубы</b> — ТУ 3-342-78, ТУ 14-3-758-78, ТУ 14-3-760-78. <b>Листы</b> — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ОСТ 95-29- 72	Аустенизация	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 ( $\psi$ ) при 20°C. Значение  $\psi$  не менее 45%. Одновременно для заготовок деталей III и IV групп определяются относительное сужение ( $\psi$ ) и относительное удлинение ( $\delta$ ) при температуре 350°C. Значения  $\psi$  и  $\delta$  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:  $\sigma_b$  и  $\sigma_{0,2}$  на 5%;  $\delta$  и  $\psi$  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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ТУ 14- 3-760- 78	Холоднодеформированные трубы в состоянии поставки			$\phi_n$ 16 s 1,4 и 2,5	20	216	539	28	—	—	—	—
				$\phi_n$ 18 s 2,0	350	196	—	—	—	—	—	
				$\phi_n$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>4</sup>	5·10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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 <sub>2</sub> . 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 <sup>3</sup> Вт/м <sup>2</sup>	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<sub>v</sub> = 1,0 (твердый сплав),  
K<sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU <sub>1</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда											
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			
<b>Назначение.</b> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда											
[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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	n, об	M <sub>кр</sub> , Н·м		
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда											
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>2</sub>	350	3000	1
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10–20 %	80	100	1
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 80–90 %	80	100	2
Точечная	Вода, содержащая от 1 до 50 мг/кг хлор-ионов и 0,3–6,0 мг/кг O <sub>2</sub>	350	3000	1
Коррозионное растрескивание	Вода, содержащая до 50 мг/кг хлор-ионов и 0,3–6,0 мг/кг O <sub>2</sub>	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/мм<sup>2</sup>  
K<sub>v</sub> = 1,1 (твердый сплав),  
K<sub>v</sub> = 0,8 (быстрорежущая сталь)

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>ХН32Т (ЭП 670)</b>	<b>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.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 24982–81	Лист холоднокатаный.			До 3,9 <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup> 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	—	—	—

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>
[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/см<sup>2</sup>

## Жаростойкость

t, °C	Время старения, ч			Среды	t, °C	Увеличение массы, г/м <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 Воздух Воздух	Не ограничивается	392	735	15	25	59	—	≥ 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 (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/мм<sup>2</sup>) 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/мм<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
ГОСТ 20700–75	Аустенитизация	1080–1100, 1–1,5 ч	Вода	500	—	441	353	—	—
				525	—	392	323	—	—
				550–565	—	382	314	—	—
				580	—	—	—	—	180
	Старение 2-ступенчатое	850–900, 10 ч 700, 10–50 ч	Воздух Воздух	580–600	—	255–304	206–255	—	—
				600	—	—	—	—	130–140
				650	—	196	157	—	—
				700	—	137	98	—	—

## Релаксационная стойкость

НД	Режим термообработки			t, °C	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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	
				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 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 термобработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	КП	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
ГОСТ 23304-78	Аустенитизация	1080-1100	Вода	Не ограничивается	20	не менее или в пределах						≥ 207	395
		850-900, 10 ч	Воздух <sup>2</sup>			Болты, шпильки, гайки, плоские подкладные шайбы, выпуклые и вогнутые сферические шайбы							
		700, 10-50 ч	Воздух <sup>2</sup>			392-588 <sup>3</sup>	735	15	25	59			
					350	343	—	—	—	—	—	—	

<sup>1</sup> При массовой доле титана в сплаве на нижнем пределе продолжительность старения составляет 50-100 ч.

<sup>2</sup> Крупные поковки охлаждаются с печью до 200-300°C.

<sup>3</sup> 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  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_b$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , 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 термобработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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.

Термобработка 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 термобработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ТУ 26-07-1165-77	Термобработка в соответствии с ГОСТ 23304-78			Наибольшее сечение 60 <sup>4</sup>	20	392	735	15	35	59	—	—
					325	382	—	—	—	—	—	—

<sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>5</sup>	20	392	735	15	25	59	—	≤ 207
					350	343	588	—	25	—	—	

<sup>5</sup> 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  $\sigma_b$  и  $\sigma_{0,2}$  — на 5% каждого;  $\delta$  и KCV — на 25% каждого;  $\psi$  — на 20%; при испытании на радиальных образцах:  $\sigma_b$  и  $\sigma_{0,2}$  — на 10% каждого;  $\delta$  и  $\psi$  — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>				Термообработка	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C [1]						Термообработка
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	t, °C		+20	0	–20	–40	–60	–80	
[1]	333	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>7</sup>	600								
[3]	225–265	—	10 <sup>7</sup>	650	Аустенитизация 1180°C, 1ч, вода. Старение 2-ступенчатое: 780°C, 8–10 ч, воздух; 730°C, 25 ч, воздух	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
	300	—	10 <sup>7</sup>	650								
	230	—	10 <sup>6</sup>	650								

t, °C	$\sigma_{стат}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел выносливости, $\sigma_{-1}$ , Н/мм <sup>2</sup> , при симметричном и ассиметричном циклах нагружения N [5]					
		10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>
500	—	—	—	—	340	200	—
600	—	—	—	—	320	—	—
650	—	305	290	280	123–275 <sup>1</sup>	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

<sup>1</sup> В зависимости от частоты нагружения и величины зерна.

В среде воздух + 5% SO<sub>2</sub> предел выносливости снижается на 5–14%.

Относительное удлинение образцов после длительных испытаний [5]		
t, °C	$\tau$ , ч	$\delta$ , %
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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,	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	—
				образцы продоль- ные	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 $\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[5]	Аустенитизация Старение	1080–1130 850–900, 10 ч 700, 25–50 ч	Вода Воздух Воздух	Поковки $\phi$ 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>
[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 <sub>0</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение σ <sub>τ</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , за время τ, ч							НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			100	500	1000	3000	5000	8000	10000	
[3]	Аустенизация Старение 2-ступенчатое	1180, 1 ч 780, 8–10 ч 730, 25 ч	Вода Воздух Воздух	525 525 560 560 560 600 600 600 650 650 650 680 680	350 300 300 250 200 250 150 250 200 150 200 150	Прутки, продольные образцы							— — — — — — — — — — — — — —
						308	308	306	304	304	—	302	
						270	270	269	268	268	—	268	
						240	239	238	237	236	—	233	
						228	226	224	222	221	—	218	
						178	177	175	174	174	—	172	
						223	219	217	213	209	—	200	
						182	180	179	176	173	—	170	
						139	138	137	136	135	—	130	
						210	205	199	184	180	—	160	
						175	168	164	156	149	—	140	
						132	130	121	121	118	—	112	
						152	139	124	109	100	—	78	
						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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , 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 10<sup>4</sup> ч [1]

1,1–1,2 (при 650°C)

## Жаростойкость

1,1–1,2 (при 650°C)			НД	Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч
Чувствительность к охрупчиванию при старении [1]			[1]	Воздух	650	0,014	600
				Перегретый пар	650	0,020	600
Время, ч	t, °C	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	[5]	Воздух	650	0,005	125000
Исходное состояние				Воздух	750	0,012	125000
25000	550	50–130		3,2% CO <sub>2</sub> + 17,55% O <sub>2</sub> + 75,72% N <sub>2</sub> + 3,5% H <sub>2</sub> O + 0,03% SO <sub>2</sub>	670–680 <sup>1</sup>	0,0032	125000
				Воздух + 0,03% SO <sub>2</sub> + 4,5% CO <sub>2</sub> + 6% H <sub>2</sub> 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 <sup>-</sup> и 0,3–6,0 мг/кг O <sub>2</sub>	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/мм<sup>2</sup>  
K<sub>v</sub> = 0,7 (твердый сплав),  
K<sub>r</sub> = 0,45 (быстрорежущая сталь)

Марка сплава		Вид поставки												
ХН35ВТК (ЭИ 612К)		Сортовой прокат — НД заводов-изготовителей. Поковки — НД заводов-изготовителей.												
<b>Массовая доля элементов, %</b>														
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)		
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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			
<b>Назначение.</b> Диски, лопатки, крепеж и другие детали, работающие при температуре до 700°C. Сплав жаропрочный. Сплав может выплавляться с применением ВДП.														
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка				Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка		
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$					+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80			
—	—	—				—	—	—	—	—	—	—		
Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>												
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													
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 <sup>2</sup> K <sub>r</sub> = 0,6 (твердый сплав), K <sub>r</sub> = 0,4 (быстрорежущая сталь)					Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>			
								—	—	—	—			

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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><b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]		Термообработка	НД	t, °C	Пределы длительной прочности и ползучести						
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$				Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч	Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 прессованный	1100	50	55	81	100	—	—
					1200	34	37	28	40	—	—
Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с.											
Кoeffициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>									
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 <sup>2</sup> $K_v = 0,15$ (твердый сплав), $K_v = 0,10$ (быстрорежущая сталь)						

Марка сплава		Вид поставки											
XH35BTP (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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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										
<b>Назначение.</b> Корпусы турбин с рабочей температурой металла до 750°C, направляющие лопатки турбин, работающие при температуре 750–780°C. Сплав жаропрочный.													
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка				Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$					+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80		
—	—	—				—	—	—	—	—	—	—	
Коэффициент чувствительности к надрезу за 10 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>											
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 XH35BT (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 <sup>2</sup> $K_v = 0,30$ (твердый сплав), $K_v = 0,15$ (быстрорежущая сталь)					Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>	
									—	—	—	—	

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 <sup>2</sup>	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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.											
<b>Назначение.</b> Для упругих чувствительных элементов, работающих при температуре до 400°C.											
Сплав немагнитный коррозионно-стойкий дисперсионно-твердеющий.											

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>ХН40Б (ЭП 337)</b>	<b>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.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Способ выплавки
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ТУ 14-3-219-89	Аустенитизация	1100–1120	Вода	D <sub>n</sub> 4,0–6,0, $\delta$ 0,2–0,5 D <sub>n</sub> 6,2–10,0, $\delta$ 0,2–0,7 D <sub>n</sub> 10,2–25,0, $\delta$ 0,2–1,0 D <sub>n</sub> 25,2–60,0, $\delta$ 0,3–1,0 Мерная длина: 500–3000 при Ø 4–6, 500–7500 при Ø 6–25; а также при Ø 26–27 со стенкой 0,3–0,4, 500–4000 при Ø 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/см<sup>2</sup>, S — минимальная толщина стенки трубы в мм (за вычетом минусового допуска), R — допускаемое давление в кгс/см<sup>2</sup>, равное 40% временного сопротивления разрыву, D<sub>вн</sub> — 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/мм<sup>2</sup>  
K<sub>v</sub> = 0,6 (твердый сплав),  
K<sub>v</sub> = 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	590 <sup>3</sup>	30 <sup>3</sup>	—	—	20	—					
				0,8–3,9 <sup>2</sup>												
ТУ 14–1–941–74	Закалка	1050–1150	Воздух	8–100 <sup>4</sup>	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 <sup>5</sup>	—	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	—									

<sup>1</sup> Листы горячекатаные.

<sup>2</sup> Листы холоднокатаные.

<sup>3</sup> Образцы поперечные.

<sup>4</sup> Прутки горячекатаные и холоднокатаные.

<sup>5</sup> 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 <sup>2</sup>		Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$		+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Предел длительной прочности, Н/мм <sup>2</sup>			Термообработка	Жаростойкость				
t, °C	$\sigma_{100}$	$\sigma_{1000}$		Среда	t, °C	Увеличение массы, г/м <sup>2</sup>	Скорость окисления <sup>6</sup> , 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	33	0,24	100	
					65		500	
1200	5	2,5		1350	45	—	100	
					130		500	
					—		—	

<sup>6</sup> 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% SO<sub>2</sub>, ~ 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
		—

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>06ХН46Б</b> <b>(Х20Н46Б,</b> <b>ЭП 350)</b>	<b>Прутки и поковки — ТУ 14-1-516-73. Трубы — ТУ 14-3-1202-83.</b>

**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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ТУ 14-3-1202-83	Аустенитизация	1050-1100	Воздух	φ <sub>n</sub> 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<sub>n</sub> — 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/мм<sup>2</sup>. 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 (X20H46B, ЭП 350)**

**Назначение.** Детали и трубы парогенераторов, работающие в пресной воде с большим содержанием ионов хлора.

Максимальная допускаемая 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 <sub>исп</sub> , °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч
		1·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>5</sup>				
[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 <sup>-</sup> , 0,3–6 мг/кг O <sub>2</sub>	320	2000	1
Точечная	Вода, содержащая 200 мг/кг Cl <sup>-</sup> , 0,3–6 мг/кг O <sub>2</sub>	320	2000	1
Коррозионное растрескивание	25% NaCl + 0,5% K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	200	500	Коррозионные трещины не обнаружены при напряжениях выше σ <sub>0,2</sub>
	42% MgCl <sub>2</sub>	154	500	
	Вода, содержащая 50 мг/кг Cl <sup>-</sup> , 0,3–6 мг/кг O <sub>2</sub>	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 НВ и σ<sub>в</sub> = 656 Н/мм<sup>2</sup>  
K<sub>v</sub> = 0,62 (твердый сплав),  
K<sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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								
<b>Назначение.</b> 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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>		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 <sup>-</sup> , 0,3–6,0 мг/кг O <sub>2</sub>			320–350	3000		1			
Точечная		Устойчив к питтинговой коррозии в хлоридосодержащих средах									
Коррозионное растрескивание		42% MgCl <sub>2</sub>			154	500		Трещин не обнаружено			
		Вода, содержащая 200 мг/кг Cl <sup>-</sup> , 0,3–6,0 мг/кг O <sub>2</sub>			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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,3 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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. Катанный и прессованный пруток — 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 испы-тания, °С	Кратковременные свойства						Длительная прочность					
				$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	τ, ч				
				не менее								не менее			
ГОСТ 23705-79 (ВД)	Закалка 1220±10°С, 2 ч, воздух Нагрев 1050±10°С, 4 ч, воздух Старение 850±10°С, 8 ч, воздух	От 20 до 55 <sup>1</sup> От 20 до 40 <sup>2</sup>	20 900	— —	— 570	— 8	— 12	— —	285-341 —	— 245	— 40				
ТУ 14-1-2970-80	Нагрев 1000°С, 1,5 ч, нагрев 1180°С, 2,5-3 ч, перенос в печь на 1050°С, выдержка 50-60 мин. Охлаждение с печью до 1000°С, 50-60 мин. Охлаждение на воздухе. Старение 850°С, 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 <sup>3</sup>	20	630	940	12	14	24	277-341	—	—						
800	490	740	12	12	—	—	—	—							
ТУ 14-1-223-72 (ВД)	Закалка 1220±10°С, выдержка 2 ч, воздух Закалка 1050±10°С, выдержка 4 ч, воздух Старение 850±10°С, выдержка 8 ч, воздух	20-45 <sup>1</sup> 20-40 <sup>2</sup>	900	—	568	8	12	—	285-341	—	—				
ТУ 14-1-402-72 (ОИ)	Закалка 1220±10°С, выдержка 2 ч, воздух Закалка 1050±10°С, выдержка 4 ч, воздух Старение 850±10°С, выдержка 8 ч, воздух	33-35 <sup>1</sup> 20-40 <sup>2</sup>	900	—	568	7	8	—	—	—	—				
ДЦ	Режим I Закалка 1220±10°С, выдержка 2 ч, воздух Закалка 1050±10°С, выдержка 4 ч, воздух Старение 850±10°С, выдержка 8 ч, воздух	20-32 <sup>1</sup> 45-55 <sup>1</sup> 20-40 <sup>2</sup>	20 700 800 850 900 950 1000	735-784 686-735 558-686 — 392-490 — 186-245	980-1176 882-980 784-882 686-784 540-686 343-440 245-314	6-12 8-16 9-17 10-18 12-20 15-28 17-25 18-20	9-15 10-20 12-25 14-27 15-28 20-30 20-32	— — — — — — —	285-341 — — — — — —	— — — — 245 —	— — — — 40 —				

XH55BMTKЮ (ЭИ 929), XH55BMTKЮ-ВД (ЭИ 929-ВД)				Механические свойства								
НД	Режим термообработки	Сечение, мм	t испыт., °C	Кратковременные свойства						НВ	Длительная прочность	
				$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{B_s}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>		$\tau$ , 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 <sup>2</sup>	20 800 850 900 950 1000	745– 764 647 627 470 382 245	853– 980 867 833 539 450 265	3,2– 11 12 14 18,5 27,3 26,0	5,3– 8,4 14,6 22 33,5 36,2 48,5	14–18 — — 25 39 40 35	— — — — — —	— — — — — —		

<sup>1</sup> Прутки горячекатаные.

<sup>2</sup> Прутки обточенные круглые.

<sup>3</sup> Окончательно готовые лопатки должны проходить контрольные испытания на усталостную прочность. Лопатки не должны разрушаться раньше чем через 10<sup>7</sup> циклов при симметричном нагружении с напряжением не менее 177 Н/мм<sup>2</sup> при температуре 750°C.

**Назначение.** Лопатки газовых турбин с ограниченным сроком службы при 900–950°C.

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>				Термообработка	Малоцикловая выносливость						
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	t, °C		Максимальная температура цикла, °C		Размах упруго-пластической деформации $\Delta \epsilon$ , %		N		
350	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>3</sup> 7×10 <sup>3</sup> 1×10 <sup>4</sup>		
323 <sup>4</sup> 284 <sup>4</sup> 255 <sup>5</sup>	—	10 <sup>7</sup> 10 <sup>8</sup> 10 <sup>7</sup>	700		<b>Пределы длительной прочности и ползучести, Н/мм<sup>2</sup></b>						
					t, °C	$\sigma_{100}$	$\sigma_{1000}$	$\sigma_{10000}$	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			
					950	120–160	60	—			
					1000	70–80	30	—			
				t, °C	$\sigma_{0,2/100}$ <sup>6</sup>	$\sigma_{1 \times 10^{-2}}$	$\sigma_{1 \times 10^{-3}}$	Термообработка			
				700	—	—	530	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.			
				800	245	382	294				
				850	220	294	186				
				900	140	196	150				

<sup>4</sup> Образцы гладкие.

<sup>5</sup> Образцы с надрезом, R<sub>n</sub> = 0,15 мм, угол надреза 60°.

<sup>6</sup> По общей деформации.

Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения					Жаростойкость				
Режим старения		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{B_s}$ , Н/мм <sup>2</sup>	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Среда	t, °C	Глубина коррозии, мм	База испытаний, ч	
t, °C	$\tau$ , ч		$\delta$ , %						
Исходное состояние		730–790	1200–1240	17–21	27–39				
600	10000	780	1170	15,0	33	Продукты сгорания природного газа: O <sub>2</sub> – 18,2%, CO <sub>2</sub> – 4,3%, H <sub>2</sub> O – 1,6%, SO <sub>2</sub> – 0,035, N <sub>2</sub> – остальное	800 850	0,008 0,011	10000 10000
700	10000	750	1200	17,0	20				
750	10000	690	1220	23,0	25				
800	10000	680	1130	15,0	48				

В условиях контакта с окислами железа сплав склонен к язвобразованию, для предохранения от которого следует применять алитирование или хромирование поверхности.

Технологические характеристики			
Свариваемость	Обработываемость резанием	Деформируемость	
Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ.	В термообработанном состоянии при $\sigma_n = 1000$ Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,2 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,09 (быстрорежущая сталь)	Температураковки, °C	
		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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—						
<b>Назначение.</b> 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 <sup>4</sup> ч													
Среда	t, °С	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч	—													
Гелий марки "А"	950	13	500	Чувствительность к охрупчиванию при старении													
				Время, ч			t, °С			KCU, Дж/см <sup>2</sup>							
	Исходное состояние			375			—										
	950	20	2000	—			—			—							
Высокотемпературные прочность и пластичность										Термообработка							
t, °С		σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>			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 <sub>b</sub> = 785 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,34 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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				
C	Si	Mn	S	P	Cr	Va	Al	Ce	Ni	Mo	V	Fe	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—										
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>																
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 <sup>4</sup> ч					Жаростойкость											
—				Среда	t, °С	Увеличение массы		Выдержка, ч								
						г/м <sup>2</sup>	г/(м <sup>2</sup> ·ч)									
Чувствительность к охрупчиванию при старении				Воздух	1150	8,7	0,09	100								
Время, ч	t, °С	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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											
—	—	—	1200	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 <sup>1</sup>		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																
<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч
				не менее							
ТУ 14-1-286-72	Закалка, 1150–1200°C, воздух	$\phi$ 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	$\phi$ 180 $\phi$ 185 $\phi$ 190	20	—	690	30	—	—	—	—	—
Назначение. Детали газопроводных систем, жаровые трубы, детали камер сгорания, уплотнения и другие детали высокотемпературных газовых турбин.											
Условия испытания			Предел выносливости, $\sigma_{-1}$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Среда		t, °C	Глубина коррозии, мм	База испытаний, ч	
t, °C	$\tau$ , 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 <sup>2</sup> $K_v = 0,3$ (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	ос-нова	≤ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , 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					
<b>Назначение.</b> Штампованные и кованые лопатки высокотемпературных газовых турбин.																
Условия испытания			Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>7</sup>	435	—	800	0,75		1×10 <sup>3</sup>								
Гладкие	асимметричный ( $\sigma_{ст} = 150$ Н/мм <sup>2</sup> )	10 <sup>7</sup>	—	410		0,49		1×10 <sup>4</sup>								
Гладкие	асимметричный ( $\sigma_{ст} = 150$ Н/мм <sup>2</sup> )	10 <sup>8</sup>	—	340		0,40		2×10 <sup>4</sup>								
Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения						Жаростойкость										
Режим старения		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Среда	t, °C	Суммарная глубина коррозии <sup>1</sup> , мм	База испытаний, ч							
t, °C	$\tau$ , ч															
Без старения		990–1015	1360–1390	18–22	40–50	Продукты сгорания газотурбинного топлива: O <sub>2</sub> – 15–17%, CO <sub>2</sub> – 6–8%, SO <sub>2</sub> – 0,05–0,10%, H <sub>2</sub> O – 6%, N <sub>2</sub> – остальное; с обмазкой: V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 2,6%, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 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											
<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup> $K_v = 0,14$ (твердый сплав), $K_v = 0,07$ (быстрорежущая сталь)			Вакуумно-дуговой переплав с применением гелля 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , 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 <sup>1</sup>	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	—	—	—				

<sup>1</sup> Прутки кованные. Продольные образцы.

ХН62МБВЮ (ЭП 709)											
Назначение. Высоконагруженные сварные изделия для турбостроения с рабочей температурой 750°C.											
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>				Термообработка		Пределы длительной прочности и ползучести, Н/мм <sup>2</sup>					
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	t, °C			t, °C	$\sigma_{100}$	$\sigma_{1000}$	$\sigma_{5000}$	$\sigma_{0,2/100}$	
353–363	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Термообработка	Среда	t, °C	Суммарная глубина коррозии, мм	База испытаний, ч
t, °C	$\tau$ , 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее	
ГОСТ 23705-79	Закалка	1220±10, 4-6 ч	Воздух	От 35 до 55 <sup>1</sup>	20	—	—	—	—	—	—	285-352	
	Старение	950±15, 8 ч	Воздух	От 20 до 43 <sup>2</sup>	900	—	570	6	9	—	—	—	
ГОСТ 23705-79 (ВД)	Закалка	1220±10, 4-6 ч	Воздух	От 13 до 32 <sup>1</sup>	20	—	—	—	—	—	—	285-352	
	Старение	950±15, 8 ч	Воздух	От 45 до 55 <sup>1</sup> От 20 до 40 <sup>2</sup>	900	—	570	8	12	—	—	—	
ТУ 14-1-223-72 (ВД)	Закалка	1220±10, 4 ч	Воздух	20-45 <sup>1</sup>	900	—	568	8	12	—	—	—	—
	Старение	950±15, 8 ч	Воздух	20-40 <sup>2</sup>									
ТУ 14-1-402-72 (ОИ)	Закалка	1220±10, 4 ч	Воздух	33-55 <sup>1</sup>	900	—	568	6	9	—	—	—	—
	Старение	950±15, 8 ч	Воздух	20-40 <sup>2</sup>									
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 <sup>1</sup>	750	—	—	1	—	—	—	—	
ТУ 14-1-3583-83 (Ш)	Закалка	1220±10, 4 ч	Воздух	110-130 <sup>1</sup>	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	—			

<sup>1</sup> Прутки горячекатаные.  
<sup>2</sup> Прутки обточенные.

Назначение. Лопатки и диски турбин для работы при температурах до 900°C.													
t, °C	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1, 6]				Термообработка	Пределы длительной прочности <sup>3</sup> и ползучести [1, 6]							
	σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N	Тип образца		t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч (по остаточной деформации)			
20	304	—	10 <sup>7</sup>	Образцы гладкие	Закалка 1220±10°C, выдержка 4-6 ч, воздух.		10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>2</sup>			
700	304-343	—	10 <sup>7</sup>										
800	328-353	—	10 <sup>7</sup>										
900	310-350	—	10 <sup>7</sup>										
20	206-255	—	10 <sup>7</sup>	Образцы с надрезом, R <sub>n</sub> = 0,75 мм	Старение 950±15°C, выдержка 8 ч, воздух.	700	725-735	—	—	598-617			
700	245-255	—	10 <sup>7</sup>			800	420-440	304	—	343-353			
800	245-274	—	10 <sup>7</sup>			900	190-206	110	130-160	130-160			
900	245-254	—	10 <sup>7</sup>			950	110-120	59	—	—			
20	310	—	10 <sup>7</sup>	Образцы гладкие	Нагрев 1220±10°C, выдержка 4-6 ч, воздух.	700	1·10 <sup>2</sup>		1·10 <sup>3</sup>		0,2/10 <sup>2</sup>		
700	310	—	10 <sup>7</sup>										
800	335	—	10 <sup>7</sup>										
900	320	—	10 <sup>7</sup>										
20	210	—	10 <sup>7</sup>	Образцы с надрезом, R <sub>n</sub> = 0,75 мм	Старение 950±15°C, выдержка 8 ч, воздух.	700	740	—	—	610			
700	250	—	10 <sup>7</sup>			800	430	310	—	350			
800	250	—	10 <sup>7</sup>			900	190	110	—	130			
900	250	—	10 <sup>7</sup>			950	110	60	—	—			

<sup>3</sup> При испытании на длительную прочность сплав в интервале температур 700-950°C не чувствителен к надрезу.

ХН62МВКЮ (ЭИ 867), ХН62МВКЮ-ВД (ЭИ 867-ВД)										
Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	
			ЭШП		20	—	—	16	17	—
	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, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда							
[П]	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, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[6]	Нагрев	1220±10, 4–6 ч	Воздух	Прутки образцы продоль- ные	20	780	1000	6	11	15	—
	Старение	950±15, 8 ч	Воздух		700	650	960	6	12	40	—
					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, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	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	—
					Образцы радиальные						
				100	20	910	1020	13	15	21	375
					750	810	990	—	—	30	—
	Образцы осевые										
					20	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , 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 <sup>2</sup> ·ч)	База испытаний, ч						
		$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , 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 <sup>2</sup> $K_v = 0,15$ (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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , 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		—	—	—	—	—	—	—	—		
		□ 60–125		—	—	—	—	—	—	—	—		
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		—	—	—	—	—	—	—	—		
		□ 60–125		—	—	—	—	—	—	—	—		
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		—	—	—	—	—	—	—	—		
		□ 60–125		—	—	—	—	—	—	—	—		
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	—	—	—		
		—	750	—	637	11	15	—	—	—	—		
ТУ 14–1–322–72(ВИ) <sup>1</sup>	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	—	—	—	—		
		□ 60–125	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
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	—	—	—		
		—	750	—	637	11	15	—	—	—	—		

ХН65ВМТЮ (ЭИ 893)		Механические свойства									
НД	Режим термообработки	Сечение, мм	t испытания, °C	Кратковременные свойства						Длительная прочность	
				$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	t, ч
				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	—			

<sup>1</sup> Режим термообработки выбирается заводом-поставщиком.

**Назначение.** Рабочие и направляющие лопатки и крепеж, работающие при температуре до 800°C.

Условия испытания			Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>7</sup>	370	240	200	750	1,0 0,8 0,65	3×10 <sup>3</sup> 6×10 <sup>3</sup> 1×10 <sup>4</sup>
С надрезом	симметричный	10 <sup>7</sup>	260	100	—	800	0,7 0,64 0,58	1×10 <sup>3</sup> 3×10 <sup>3</sup> 1×10 <sup>4</sup>

Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения						Жаростойкость			
Режим старения		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Среда	t, °C	Суммарная глубина коррозии <sup>2</sup> , мм	База испытаний, ч
t, °C	t, ч								
Исходное состояние		480-550	790-960	21-40	50-75	Продукты сгорания природного газа: O <sub>2</sub> - 16-18%, CO <sub>2</sub> - 2-3%, H <sub>2</sub> O - 4-6%, N <sub>2</sub> - 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 <sub>2</sub> - 16-18%, CO <sub>2</sub> - 2-3%, H <sub>2</sub> O - 4-6%, N <sub>2</sub> - остальное; с обмазкой: 3% NaCl, 40% Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> и другие окислы	0,0219	1000
800	5000	460-500	900-940	17-31	35-70	Продукты сгорания газотурбинного топлива: O <sub>2</sub> - 15-17%, CO <sub>2</sub> - 6-8%, SO <sub>2</sub> - 0,05-0,10%, H <sub>2</sub> O - 6%, N <sub>2</sub> - остальное; с обмазкой: V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 2,6%, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 21,7% и другие окислы		0,0610	5000
							800	2,113	1000

<sup>2</sup> 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				
Заготовка	1180-950		На воздухе		На воздухе

Свариваемость	Обрабатываемость резанием	Температура критических точек, °C			
		Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
Трудно свариваемый. Способы сварки: РД, РАД и КТ.	В термообработанном состоянии при 285-293 НВ, $\sigma_b = 940$ Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,15 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 испытания, °C	Кратковременные свойства						Длительная прочность		
				$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч	
				не менее							не менее	
ДЦ (промышленная партия)	Закалка 1150°C, 3 ч, масло; отпуск 800°C, 20 ч, воздух	ø 38–105	20	760	1220	30	38	100	285	—	—	
<b>Назначение.</b> Крупногабаритные лопатки энергетических газовых турбин.												
Условия испытания			Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>8</sup>	300	—	395	750	1,1		1×10 <sup>3</sup>			
Гладкие	асимметричный ( $\sigma_{ст.} = 150$ Н/мм <sup>2</sup> )	10 <sup>8</sup>	—	305	345		0,8		3×10 <sup>3</sup>			
С надрезом	асимметричный ( $\sigma_{ст.} = 150$ Н/мм <sup>2</sup> )	10 <sup>8</sup>	—	—	190	800	0,6		1×10 <sup>4</sup>			
							0,7		1×10 <sup>3</sup>			
							0,65		3×10 <sup>3</sup>			
							0,6		1×10 <sup>4</sup>			
Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения						Жаростойкость						
Режим старения		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Среда	t, °C	Суммарная глубина коррозии <sup>1</sup> , мм	База испытаний, ч			
t, °C	$\tau$ , ч											
Исходное состояние		790	1200	30	70	Продукты сгорания природного газа: O <sub>2</sub> – 8–10%, CO <sub>2</sub> – 4–6%, H <sub>2</sub> O – 6,0%, N <sub>2</sub> – остальное	750	0,0177	5000			
550	14000	804	1155	34,0	50			0,0230	10000			
600	14000	859	1145	29,0	45			800	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							
<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,08 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	σ, Н/мм <sup>2</sup>	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	— — 100
Назначение. Штампованные лопатки высокотемпературных газовых турбин.														
Условия испытания			Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> , при t, °C			Малоцикловая выносливость								
Тип образца	Цикл	N	20	450	800	Максимальная температура цикла, °C	Размах упруго-пластической деформации Δε, %			N				
Гладкие	симметричный асимметричный (σ <sub>ст.</sub> = 150 Н/мм <sup>2</sup> ) асимметричный (σ <sub>ст.</sub> = 150 Н/мм <sup>2</sup> )	10 <sup>8</sup>	255	—	350	800	0,82			1×10 <sup>3</sup>				
Гладкие		10 <sup>8</sup>	—	270	305		0,75			5×10 <sup>3</sup>				
С надрезом		10 <sup>8</sup>	—	—	206		0,6			1×10 <sup>4</sup>				
Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения					Жаростойкость									
Режим старения		σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Среда	t, °C	Суммарная глубина коррозии <sup>1</sup> , мм	База испытаний, ч					
t, °C	τ, ч													
Исходное состояние		750	1250	25	45	Продукты сгорания природного газа: O <sub>2</sub> – 8–10%, CO <sub>2</sub> – 4–6%, H <sub>2</sub> O – 6%, SO <sub>2</sub> – 0,1%, N <sub>2</sub> – остальное	800	0,017	1000					
700	10000	820–870	1310–1320	10,5–11,5	160–180		850	0,030 0,019 0,040	5000 1000 5000					
750	10000	790–840	1270–1280	9,5–10,5	110–120	Продукты сгорания природного газа: O <sub>2</sub> – 8–10%, CO <sub>2</sub> – 4–6%, H <sub>2</sub> O – 6%, N <sub>2</sub> – остальное	800	0,002 0,006	1000 5000					
800	10000	770–790	1110–1190	6,7–8,0	120–130		850	0,008 0,019	1000 5000					
<sup>1</sup> Суммарная глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.5 и 6.1.3.														
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 <sub>в</sub> = 1080 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,14 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup> .							

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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	σ, Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , 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 <sup>8</sup>	350	—	—	650		0,90		1×10 <sup>3</sup>							
Гладкие	асимметричный (σ <sub>ст</sub> = 300 Н/мм <sup>2</sup> )	10 <sup>8</sup>	290	235	—					0,68		5×10 <sup>3</sup>					
Гладкие	асимметричный (σ <sub>ст</sub> = 150 Н/мм <sup>2</sup> )	10 <sup>8</sup>	—	—	275							0,5		1×10 <sup>4</sup> 2×10 <sup>4</sup>			
Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения						Жаростойкость											
Режим старения		σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Среда	t, °С	Суммарная глубина коррозии <sup>1</sup> , мм	База испытаний, ч								
t, °С	τ, ч																
Без старения		760	1220	31	100	Продукты сгорания природного газа: O <sub>2</sub> – 16–18%, CO <sub>2</sub> – 2–3%, H <sub>2</sub> O – 4–6%, N <sub>2</sub> – 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 <sub>2</sub> – 16–18%, CO <sub>2</sub> – 2–3%, H <sub>2</sub> O – 4–6%, N <sub>2</sub> – остальное; с обмзкой: NaCl – 3,0%, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 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	<sup>1</sup> 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 <sub>в</sub> = 1130 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>с</sub> = 0,14 (твердый сплав), K <sub>с</sub> = 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 коваяная — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup>.

## Механические свойства при различных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 SO<sub>2</sub> 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 HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Cl<sup>-</sup> 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<sub>v</sub> = 0,15 (твердый сплав),  
K<sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч		
				не менее								не менее	
ГОСТ 23705–79	Закалка, 1100–1150°C, 5 ч, воздух Старение 800–850°C, 10 ч, воздух	$\phi$ 15–55 $\phi$ 60–100 $\square$ 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 $\geq 4,0$	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	—	—	—	—	—	—	—
<b>Назначение.</b> 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, $\sigma_{-1}$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>7</sup>	300–320	320–340	310–330	280–300	—	—		—			
Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения						Жаростойкость							
Режим старения		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Среда		t, °C	Глубина коррозии, мм	База испытаний, ч			
t, °C	$\tau$ , ч	—	—	—	50	—		—	—	—			
Исходное состояние		—	—	—	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 <sup>2</sup> $K_v = 0,1$ (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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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												
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>															
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 <sup>4</sup> ч				Жаростойкость											
—				Среда	t, °С	Увеличение массы		Выдержка, ч							
						г/м <sup>2</sup>	г/(м <sup>2</sup> ·ч)								
Чувствительность к охрупчиванию при старении				Воздух	1150	4,1	0,04	100							
Время, ч	t, °С	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>													
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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>4</sup> 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 <sup>2</sup>			
				Исходное состояние								—			
				—								—			
Коррозионная стойкость															
Вид коррозии	Среда				t, °С	Длительность, ч	Балл стойкости								
Общая	Вода, содержащая 13г/кг Н <sub>3</sub> ВО <sub>3</sub> и 0,02г/кг КОН, pH – 6,35				До 350	3000	1								
	Вода, содержащая до 100 мг/кг Сl <sup>-</sup> и до 6 мг/кг О <sub>2</sub>				До 350	3000	1								
Точечная	Вода, содержащая 13г/кг Н <sub>3</sub> ВО <sub>3</sub> и 0,02г/кг КОН, pH – 6,35				До 350	3000	Питтингов нет								
	Вода, содержащая до 100 мг/кг Сl <sup>-</sup> и до 6 мг/кг О <sub>2</sub>				До 350	3000	Питтингов нет								
Коррозионное растрескивание	25% NaCl + 0,5% K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>				200	500	Трещин нет								
	Вода, содержащая до 100 мг/кг Сl <sup>-</sup> и до 6 мг/кг О <sub>2</sub>				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 <sub>в</sub> = 680 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,74 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]					t, °C	Длительная прочность в зависимости от температуры испытания [1]					
	σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N	Тип образца	Цикл		Длительная прочность					
700	400	—	10 <sup>7</sup>	Образцы гладкие	симметричный	700	σ, Н/мм <sup>2</sup>		τ, ч, не менее			
750	380	—	10 <sup>7</sup>				490		75			
800	320	—	10 <sup>7</sup>				490		75			
700	250	—	10 <sup>7</sup>	Образцы с надрезом	симметричный	700	σ, Н/мм <sup>2</sup>		τ, ч, не менее			
750	250	—	10 <sup>7</sup>				490		75			
800	210	—	10 <sup>7</sup>				490		75			
t, °C	σ <sub>стат</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Предел выносливости, σ <sub>-1</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , при циклах нагружения N (пруток, образцы продольные) [6]						Термообработка				
		10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	5·10 <sup>8</sup>		5·10 <sup>8</sup>			
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч					Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>3</sup>	2·10 <sup>3</sup>	5·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	2·10 <sup>4</sup>	
[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 <sup>1</sup>	—	—	—	—	460	—
				600 <sup>1</sup>	—	—	—	—	370	—
				750 <sup>1</sup>	—	300	—	—	150	16

<sup>1</sup> Образцы с надрезом.

Механические свойства при различных температурах после длительного старения														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	Режим старения		t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_t$ , Н/мм <sup>2</sup> , за время $\tau$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	Среда	t, °C	Глубина коррозии, мм	
t, °C	$\tau$ , 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 <sub>2</sub> + 1,5% H <sub>2</sub> O + 0,01% SO <sub>2</sub>	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 закалки и старения при  $\sigma_B = 970$  Н/мм<sup>2</sup>  
K<sub>r</sub> = 0,2 (твердый сплав),  
K<sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч			
				не менее								не менее		
ГОСТ 23705–79	Закалка, 1190°C, 2 ч, воздух	20–55 <sup>1</sup>	20	—	—	—	—	—	—	299–341	—		—	
			800	—	670	3	8	—	—	—	—			
	Закалка, 1050°C, 4 ч, воздух	20–55 <sup>2</sup>	850	—	—	—	—	—	—	—	196	40		
			20	—	—	—	—	—	299–341	—	—			
Отпуск 800°C, 16 ч, воздух	20–55 <sup>2</sup>	800	—	690	7	10	—	—	—	—	—			
		850	—	—	—	—	—	—	196	60				
<sup>1</sup> Открытая индукционная выплавка (ОИ).														
<sup>2</sup> Вакуумно-индукционная выплавка (ВИ).														
<b>Назначение.</b> Лопатки и роторы, диски газовых турбин, рассчитанные на работу при температурах до 800–850°C.														
Условия испытания			Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>7</sup>	240–370	370–390	360–390	300	250–280					—	—	—
С надрезом	симметричный	10 <sup>7</sup>	250	280–300	290–320	—	190							
Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения						Жаростойкость								
Режим старения		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Среда		t, °C	Глубина коррозии, мм	База испытаний, ч				
t, °C	$\tau$ , ч	700–780	1070–1140	14–20	15–30	CO <sub>2</sub> – 4,0–6,0%, H <sub>2</sub> O – 1,0–2,0%, SO <sub>2</sub> – 0,02–0,05%, воздух – остальное		800	0,009	10000				
Исходное состояние								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			Обрабатываемость 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,13 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,08 (быстрорежущая сталь)						Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
									—	—	—	—		

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, °С	Кратковременные свойства						Длительная прочность				
				σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	σ, Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup> От 20 до 43 <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup> От 20 до 40 <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup> 20–40 <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup> 20–40 <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup> 20–40 <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>			
850	480	598	13	23	—	—	—	—						

<sup>1</sup> Прутки горячекатаные.<sup>2</sup> Прутки обточенные.<sup>3</sup> 50 ч при вакуумно-дуговом переплаве,

75 ч при выплавке в вакуумных индукционных печах.

ХН70ВМТЮФ (ЭИ 826), ХН70ВМТЮФ-ВД (ЭИ 826-ВД)													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>				Термообработка	Пределы длительной прочности и ползучести, Н/мм <sup>2</sup>								
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	t, °C		t, °C	$\sigma_{100}$	$\sigma_{1000}$	$\sigma_{10000}$	Термообработка				
372 <sup>4</sup>	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>5</sup>	—		700		750	568	440	353					
353 <sup>4</sup>	—		800		800	343	225	165					
274 <sup>5</sup>	—		900		900	235	145	95					
343 <sup>4</sup>	—	10 <sup>7</sup>	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	$\sigma_{0,2/100}$ <sup>6</sup>	$\sigma_{1 \times 10^{-2}}$	$\sigma_{1 \times 10^{-3}}$	Термообработка				
265 <sup>5</sup>	—		700		700	—	490	397	Закалка 1080°C, выдержка 6 ч, воздух.				
304 <sup>4</sup>	—		800		800	—	274	—	Старение 1000°C, выдержка 4 ч, охлаждение с печью до 900°C, 8 ч, воздух.				
190 <sup>5</sup>	—		900		900	216	196	—	Старение 850°C, выдержка 15 ч, воздух.				
417 <sup>4</sup>	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>5</sup>	—		700		850	—	—	—					
340 <sup>4</sup>	—		800		850	—	—	—					
115 <sup>5</sup>	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>4</sup>	—		700		850	—	—	—					
112 <sup>5</sup>	—	800	850	850	140	—	—						
<sup>4</sup> Образцы гладкие.					<sup>6</sup> Предел ползучести при деформации 0,2% за 100, 1000, 10000 ч (по общей деформации).								
<sup>5</sup> Образцы с надрезом, R <sub>n</sub> = 0,75 мм.													
Механические свойства при различных температурах							Жаростойкость						
t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>2</sub> – 17–20%, N <sub>2</sub> – 74–78%, CO <sub>2</sub> – 4–6%, H <sub>2</sub> O – 1–2%, SO <sub>2</sub> – 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	—								
900	412	549	15	20	45								
950	304	412	17	28	65								
1000	110	157	45	50	75								
В условиях контакта с окислами железа сплав склонен к язвобразованию, для предохранения применяют алитирование или хромоалитирование.													
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												
Свариваемость			Обрабатываемость резанием				Температура критических точек, °C						
Трудно свариваемый.			При малых скоростях резания удовлетворительная				Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>			
							—	—	—	—			

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [1, 6]						t, °C	Длительная прочность в зависимости от температуры испытания [1]							
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	Тип образца	Цикл	Термообработка		Длительная прочность							
650	340–350	—	10 <sup>7</sup>	Образцы гладкие	симметричный	Диск $\phi$ 480 мм. Образцы тангенциальные. Закалка 1120°C, 8 ч, воздух. Закалка 1000°C, 4 ч, воздух. Старение 750°C, 16 ч, воздух	750	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	t, ч, не менее						
750	360–380	—	10 <sup>7</sup>	Образцы с надрезом	симметричный						390	50			
650	290	—	10 <sup>7</sup>	R <sub>n</sub> = 0,75 мм	симметричный	750	360	100							
750	340	—	10 <sup>7</sup>												
Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , 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 <sup>1</sup> , Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч							Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч			
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		3·10 <sup>2</sup>	5·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	2·10 <sup>3</sup>	3·10 <sup>3</sup>	5·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	0,2/10 <sup>2</sup>	0,2/(5·10 <sup>2</sup> )		
[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	—
<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , ч									
[1, 6]	Закалка	1120, 8 ч	Воздух	Диск $\phi$ 480	Исходное состояние		20	Образцы тангенциальные							
								700	1150	31	31	90	—		
	Закалка	1000, 4 ч	Воздух		650	3000	20	810	1220	15	15	43	—		
					650	3000	650	660	1050	18	25	—	—		
	Старение	800, 16 ч	Воздух		650	10000	20	800	1220	14	15	33	—		
					650	10000	650	670	1080	19	24	—	—		
					700	3000	20	770	1210	15	16	40	—		
					700	3000	700	240	960	24	32	—	—		
					700	10000	20	690	1180	20	19	34	—		
					700	10000	700	270	910	27	35	—	—		
					750	1000	20	620	1120	30	31	69	—		
					750	1000	750	530	740	31	47	—	—		
					750	3000	20	680	1160	21	20	52	—		
					750	3000	750	550	770	28	42	—	—		
				750	10000	20	580	1110	27	27	66	—			
				750	10000	750	440	730	31	44	—	—			

ХН73МБТЮ (ЭИ 698)												
Механические свойства сплава при различных температурах												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
[6]	Закалка	1120, 8 ч	Воздух	Пруток Образцы продольные	20	800	1210	31	24	72	—	
	Закалка	1000, 4 ч	Воздух		500	700	1030	31	26	103	—	
	Старение	775, 16 ч	Воздух		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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> $K_v = 0,18$ (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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—		—	
<b>Назначение.</b> Лопатки газовых турбин, работающие при температуре 750–800°C со сроком службы до 25000 ч.													
t, °C	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1, 6]						t, °C	Длительная прочность в зависимости от температуры испытания [1]					
	σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N	Тип образца	Цикл	Термообработка		Длительная прочность					
700	310	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>7</sup>						σ, Н/мм <sup>2</sup>	65			
900	310	—	10 <sup>7</sup>										
700	320–340	—	10 <sup>8</sup>	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 <sup>8</sup>										
700	190	—	10 <sup>8</sup>	Образцы с надрезом	симметричный								
t, °C	σ <sub>стат</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	Предел выносливости, σ <sub>-1</sub> , Н/мм <sup>2</sup> , при циклах нагружения N (пруток, образцы продольные) [6]						Термообработка					
		10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	5·10 <sup>8</sup>	5·10 <sup>8</sup>					
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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			
	Старение	850, 15 ч	Воздух		650	600	980	12	16,5	—	—		
					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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч					Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	5·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	2·10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>			
[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 печью до 1000, 2 ч С печью до 910, 2 ч Воздух	750	140	350	290	260	230	—	200			
			800	—	220	160	140	120	170	120				
			850	—	140	95	—	—	—	—				
Старение	850, 5 ч	Воздух												
Механические свойства при различных температурах после длительного старения														
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	Режим старения		t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 печью 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>2</sub> – 17–20%, CO <sub>2</sub> – 6%, H <sub>2</sub> O – 1–2%, SO <sub>2</sub> – 0,02–0,05%, N <sub>2</sub> – 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 <sub>2</sub> + 1,5% H <sub>2</sub> O + 0,01% SO <sub>2</sub>	700 750 750	— 0,0003 0,0004	0,0011 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 <sub>b</sub> = 1110 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,10 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,05 (быстрорежущая сталь)								

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	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								
	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								
	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
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ГОСТ 23705-79	ХН77ТЮР, ХН77ТЮР-ВД			Прутки	20	—	—	—	—	—	—	255-321 <sup>1</sup>
	Закалка	1080±10, 8 ч	Воздух									
	Старение	700±10, 16 ч	Воздух	Прутки	700	—	740	15	20	—	—	—
	ХН77ТЮРУ											
	Закалка	1080±10, 8 ч	Воздух	Прутки	20	640	980	12	14	29	—	262-321 <sup>2</sup>
	Старение	750-790, 16 ч	Воздух									
ХН77ТЮРУ-ВД			Прутки	20	670	980	13	16	29	—	262-321 <sup>2</sup>	
Закалка	1080±10, 8 ч	Воздух										
Старение	770±20, 16 ч	Воздух										
<sup>1</sup> Диаметр отпечатка шарика 3,4-3,8 мм.												
<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> .												
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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч							
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>					
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 <sup>2</sup>					Время до разрушения в зависимости от температуры испытания							
НД	t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	Термообработка	НД	Марка сплава	Вариант испытания	t, °C	Длительная прочность		
										$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч, не менее	
ГОСТ 23705-79	700	360-380	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[2]	Аустенизация 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	600	8	—	—	—	—	
	Старение	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 <sup>1</sup>	
	Старение	700±10, 16 ч	Воздух			700	700	15	20	—	—	—	
						20	—	—	—	—	—	255-321 <sup>1</sup>	
						700	—	750	15	20	—	—	
	ХН77ТЮР-ВД, ХН77ТЮР-ОЭ			Прутки	—	Образцы продольные							
Закалка	1080±10, 8 ч	Воздух	650			—	12	14	—	—	255-262 <sup>2</sup>		
Старение	700±10, 16 ч	Воздух	—	—	—	—	—	—	—	—			
ХН77ТЮР-ВД, ХН77ТЮР-ОЭ			Поковки	20	Образцы продольные								
Закалка	1080±10, 8 ч	Воздух			680	100	13	16	30	—	255-269 <sup>3</sup>		
Старение	700±10, 16 ч	Воздух	—	—	—	—	—	—	—	—			

<sup>1</sup> Диаметр отпечатка шарика 3,4-3,8 мм.

<sup>2</sup> Диаметр отпечатка шарика 3,4-3,75 мм.

<sup>3</sup> 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, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда										не менее
[3, 6]	ХН77ТЮР-ОЭ (открытая электроплавка)			Прутки	20	Образцы продольные							
	Закалка	1080, 8 ч	Воздух			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	20	Образцы продольные							
	Закалка	1080, 8 ч	Воздух			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	20	Образцы продольные							
	Закалка	1080, 8 ч	Воздух			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, °С	Длительная прочность							
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда			$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , 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 <sup>2</sup> (прутки, продольные образцы) [3, 6]						Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]								
t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	Тип образца	Термообработка	t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	Тип образца	Цикл			
20	370	—	10 <sup>7</sup>	Гладкий	ХН77ТЮР-ОЭ (открытая электроплавка)	20	370	—	10 <sup>7</sup>	Гладкий	симметричный			
600	310	—	10 <sup>7</sup>			600	310	—	10 <sup>7</sup>					
700	370	—	10 <sup>7</sup>			700	375-390	—	10 <sup>7</sup>					
800	260	—	10 <sup>7</sup>			800	260-295	—	10 <sup>7</sup>					
800	260	—	10 <sup>7</sup>			900	150	—	10 <sup>7</sup>					
600	270	—	10 <sup>8</sup>	Гладкий	Закалка 1080°C, 8 ч, воздух;  старение 700°C, 16 ч, воздух	700	355	—	10 <sup>8</sup>	Гладкий	симметричный			
700	340	—	10 <sup>8</sup>			800	210	—	10 <sup>8</sup>					
800	220	—	10 <sup>8</sup>			900	110	—	10 <sup>8</sup>					
20	220	—	10 <sup>7</sup>	С надрезом (R <sub>n</sub> = 0,75 мм)		20	220	—	10 <sup>7</sup>	С надрезом	симметричный			
600	230	—	10 <sup>7</sup>			600	245	—	10 <sup>7</sup>					
700	230	—	10 <sup>7</sup>			800	240	—	10 <sup>7</sup>					
800	240	—	10 <sup>7</sup>											
Пределы длительной прочности и ползучести (прутки, продольные образцы) [3, 6]														
20	370	—	10 <sup>7</sup>	Гладкий	ХН77ТЮР-ОЭ (открытая электроплавка)	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч (по остаточной деформации)		Термообработка		
							1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	1/10 <sup>5</sup>	1/(5·10 <sup>2</sup> )			
600	310	—	10 <sup>7</sup>	Гладкий	ХН77ТЮР-ОЭ (открытая электроплавка)	600	680	560	450	580	—	ХН77ТЮР-ОЭ		
650	340	—	10 <sup>7</sup>			650	600	470	350	460	—		Закалка 1080°C, 8 ч, воздух;	
700	390	—	10 <sup>7</sup>			С надрезом (R <sub>n</sub> = 0,75 мм)	старение 750-775°C, 16 ч, воздух	700	410	300	180	400		260
800	260	—	10 <sup>7</sup>					750	300	200	110	250	—	
600	220	—	10 <sup>7</sup>					800	200	100	—	170	110	
650	220	—	10 <sup>7</sup>	ХН77ТЮР-ОЭ		550	800	710	—	580	—	Закалка 1080°C, 8 ч, воздух;		
700	230	—	10 <sup>7</sup>			600	700	550	—	550	—			
800	230	—	10 <sup>7</sup>			650	600	460	—	460	—			
600	240	—	10 <sup>7</sup>	Гладкий	ХН77ТЮР-ВД	700	440	300	—	400	—	старение 750-775°C, 16 ч, воздух		
20	360	—	10 <sup>7</sup>			750	320	—	—	250	—			
650	330	—	10 <sup>7</sup>			800	220	100	—	170	—			
20	300	—	10 <sup>7</sup>	С надрезом (R <sub>n</sub> = 0,75 мм)	Закалка 1080°C, 8 ч, воздух;  старение 750-775°C, 16 ч, воздух	550	800	720	—	570	560	ХН77ТЮР-ВД		
						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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Среда		t, °C	Время, ч	Увеличение массы, г/(м <sup>2</sup> ·ч)				
t, °C	$\tau$ , ч					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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , 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 <sup>2</sup> $K_v = 0,25$ (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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>4</sub> 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	—	—	—
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [1]					Жаростойкость [1]					
	σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N	Тип образца	Цикл	Среда	t, °C	Глубина коррозии, мм	База испытаний, ч		
20	220	—	10 <sup>7</sup>	Образцы гладкие	симметричный						
700	155	—	10 <sup>7</sup>								
800	140	—	10 <sup>7</sup>								
900	100	—	10 <sup>7</sup>								
Окалиностойкая до температуры 1000°C											
Ударная вязкость, КCU, Дж/см <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в.}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_{5,65 \sqrt{F}}$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч				Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 <sup>2</sup>	5·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	5/10 <sup>2</sup>				
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в.}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	$\tau$ , 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 <sub>n</sub> = 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 <sup>2</sup>	г/(м <sup>2</sup> ·ч)	г/м <sup>2</sup>	г/(м <sup>2</sup> ·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 <sup>2</sup> $K_v = 0,5$ (твердый сплав), $K_v = 0,3$ (быстрорежущая сталь)				

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>									
<b>ХН80ТБЮ (ЭИ 607), ХН80ТБЮА (ЭИ 607А)</b>	<b>Горячекатаные и кованные прутки — ТУ 14-1-1358-74, ТУ 14-1-3728-84. Лопатки — ТУ 108.01.059-86.</b>									

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее или в пределах				
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		Лопатки	20	441-618	833	20	25	59	187-241					
	Старение	1090, 3 ч	Воздух													
	Старение	1000, 4 ч	Воздух													
	Старение	675, 20 ч	Воздух													

**Назначение.** Лопатки, крепежные детали, пружины, диски, уплотнительные кольца, работающие при температуре до 700°C.

t, °C	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [1]					НД	t, °C	Длительная прочность в зависимости от температуры испытания	
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	Тип образца	Цикл			Длительная прочность	
								$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч, не менее
550	475	—	10 <sup>7</sup>	Пруток. Образцы продольные гладкие	симметричный				
600	475	—	10 <sup>7</sup>						
650	375	—	10 <sup>8</sup>	Диск. Образцы радиальные гладкие	симметричный	ТУ 108.01.059-86	650		
700	363	—	10 <sup>8</sup>						

t, °C	$\sigma_{стат.}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел выносливости, $\sigma_{-1}$ , Н/мм <sup>2</sup> , при симметричном и асимметричном циклах нагружения N (прутки, образцы продольные) [6]							
		10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>
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<sup>2</sup>, 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее				
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	τ, ч							
					не менее								
[6]	Нагрев	1100, 5 ч	Воздух	Прутки	Образцы продольные								
					Старение	1000, 2 ч	До 900°C, 1 ч, до 800°C, 2 ч, воздух	Исходное состояние		20	77	119	25
	500	4000	20					79	120	22	29	75	—
	Старение	750, 20 ч	Воздух		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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
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	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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	—
				700	200	—	131	116	108	97	82	70	—

## Пределы длительной прочности [6]

## Жаростойкость [6]

t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Среда	t, °C	Глубина коррозии, мм	База испытаний, ч	Группа стойкости
	1·10 <sup>3</sup>	5·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>					
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/мм<sup>2</sup>  
K<sub>v</sub> = 0,2 (твердый сплав),  
K<sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_{200}$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	—	20	—	
ГОСТ 12766.3-90	Мягкое термически обработанное состояние			∅ 8-10	—	—	20	—	—	20	—	
ГОСТ 12766.4-90	Мягкое термически обработанное состояние			∅ 8-12	—	—	20 <sup>2</sup>	—	—	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	—					
<sup>1</sup> $\delta_s$ .												
<sup>2</sup> $\delta_{100}$ .												
Назначение. Электронагревательные элементы печей с предельной рабочей температурой 1100-1200°C и бытовых приборов.												
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$				+ 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
							—	—	—	—		

Марка сплава		Вид поставки									
X20H80-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	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_{200}$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	—	—	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 <sup>2</sup>	—	—	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	—	
<sup>1</sup> $\delta_5$ .											
<sup>2</sup> $\delta_{100}$ .											
Назначение. Электронагревательные элементы печей с предельной температурой 1100-1200°C и бытовых приборов.											
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>		Термообработка			Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C					Термообработка	
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$				+ 20	0	- 20	- 40	- 60		
—	—	—			—	—	—	—	—	—	—
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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>		
						—	—	—	—		

Марка сплава	Вид поставки
<b>Н70МФВ-ВИ</b> (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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	363	784	40	—	—	—	220
				4–7× 1000×2000, 8–9×1000× 2000–1300, 12–20×1000× 1300–500							
ТУ 14-1-2230-77	Закалка Нагрев 4–5 мин/мм толщины	1070+20	Вода	Лента х/к	392	833	40	—	—	—	—
				0,4–2,0×365 400×L рулона							
ТУ 14-1-2260-77	ПС			Пруток г/к $\phi$ 20 Пруток кованный $\phi$ 40–100, $\square$ 40–100	294	688	25	—	—	—	—
ТУ 14-3-1227-83	Закалка Нагрев 4–5 мин/мм толщины	1070+20	Вода	Труба $\phi$ 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/мм<sup>2</sup>.

## Механические свойства при различных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в*}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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% Mo 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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> при 95°C и в кипящих растворах 10–40% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> скорость коррозии не превышает 0,1 мм/год; в 1–10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 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 <sub>3</sub> COOH при кипении, 98% CH <sub>3</sub> 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 <sup>-4</sup> %) 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					

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>НП2</b>	<b>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.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup> г/к	—	372	25	—	—	—	—
[10]	Отожженное состояние			Не оговари- вается	—	392–490	30–40	—	—	—	—
	Деформированное состояние			Не оговари- вается	—	588–980	5–10	—	—	—	—

<sup>1</sup> 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/мм<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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
		До 320	Исключительно стоек
Точечная	В контакте с сухим диоксидом серы	До 320	Исключительно стоек
		До 350	Исключительно стоек
Коррозионное растрескивание	В гидроксиде натрия и калия	До 350	Исключительно стоек
		Горячие и холодные щелочные и нейтральные растворы солей (карбонаты, нитриты, сульфаты, хлориды, ацетаты), но не обладающие окислительным характером	—
Межкристаллитная	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/мм<sup>2</sup>,  $\sigma_b = 420$  Н/мм<sup>2</sup>, КСУ = 130 Дж/см<sup>2</sup>

## 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 <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
≤ 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB			
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее		
ТУ 14-1-2443-78				14–20	По согласованию						—	—		
<b>Назначение.</b> 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 <sub>2</sub> , 8,5% H <sub>2</sub> O, 4% O <sub>2</sub> , 0,15% SO <sub>2</sub> , остальное N <sub>2</sub>	1100	0,01	2000											
Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , 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 <sub>в</sub> ≤ 774 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,6 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,5 (быстрорежущая сталь)							

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>ХН58ВКМТЮБЛ (ЦНК 8МП)</b>	<b>Литая прутковая шихтовая заготовка жаропрочного коррозионно-стойкого никелевого сплава, полученная вакуумно-индукционным методом — ТУ 1-801-288-91.Р2, ТУ 1-809-1079-98.</b>

**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	
				σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	σ, Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , 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 <sup>7</sup>	220	295	275	850	1,3	5 × 10 <sup>3</sup>
							1,20	6 × 10 <sup>3</sup>
С надрезом	асимметричный (σ <sub>ст.</sub> = 150 Н/мм <sup>2</sup> )	2 × 10 <sup>7</sup>	—	—	205		1,15	1 × 10 <sup>4</sup>
							1,1	1,3 × 10 <sup>4</sup>

ХН58ВКМТЮБЛ (ЦНК 8МП)													
Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения						Жаростойкость							
Режим старения		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Среда	t, °С	Глубина коррозии <sup>1</sup> , мм	Суммарная глубина коррозии <sup>2</sup> , мм	База испытаний, ч			
t, °С	$\tau$ , ч												
Исходное состояние		1020	1170	12,2	35	Расплав <sup>3</sup> : NaCl – 25% + + Na <sub>2</sub> SO – 75%	850	0,058	—	100			
700	3000	950	1190	13,5	—	Продукты сгорания природного газа: O <sub>2</sub> – 16–18%, CO <sub>2</sub> – 2–3%, H <sub>2</sub> O – 4–6%, N <sub>2</sub> – остальное; с обмзкой: NaCl – 3,0%, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 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						<sup>1</sup> Глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.2 и 6.1.1.		
Образцы с монокристаллической структурой ориентации < 100 >.						<sup>2</sup> Суммарная глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.5 и 6.1.3.							
						<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup> $K_v = 0,02$ (твердый сплав)	Диффузионно-активированная пайка осуществляется спецприпоями; режим пайки совмещается с режимом термообработки сплава	Ликвидуса	Солидуса	Перегрева металла при плавнении	Заливки	Формы
			1374	1311	—	—	—

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>										
<b>ХН60КВМЮТЛ (ЦНК 7П)</b>	<b>Литая прутковая шихтовая заготовка жаропрочного коррозионно-стойкого никелевого сплава, полученная вакуумно-индукционным методом — ТУ 1-801-288-91.Р2, ТУ 1-809-1079-98.</b>										

**Массовая доля элементов, %, по ТУ 1-809-1079-98**

C	Mn	Cr	Co	Mo	W	Al	Ti	Nb	B	Ce	Ni
0,07–0,13	≤ 0,30	14,0–15,5	8,00–9,50	0,20–0,70	6,20–7,20	3,60–4,30	3,60–4,40	—	0,008–0,015	—	основа

**Механические свойства**

НД	Режим термообработки	Сечение, мм	t испытания, °C	Кратковременные свойства						Длительная прочность	
				$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	t, ч
				не менее							
ТУ 1–801–288–91.Р2	Образцы с равноосной структурой, залитые в холодные керамические формы. Без термообработки	∅ 90	20 900	735 —	833 —	3 —	— —	9,8 —	— —	— 235	— 40
ТУ 1–809–1079–98	Образцы с равноосной структурой, залитые в горячие керамические формы. Закалка 1190°C, 4 ч, воздух Нагрев 1050°C, 1,5 ч, воздух Старение 850°C, 24 ч, воздух	∅ 90	20 900	750 —	850 —	3 —	— —	9,8 —	— —	— 235	— 40

**Назначение.** Для литья лопаток ГТУ с равноосной и направленной структурами и других деталей горячего тракта ГТУ и дизелей.

Условия испытания			Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> , при t, °C			Малоцикловая выносливость		
Тип образца	Цикл	N	20	750	850	Максимальная температура цикла, °C	Размах упруго-пластической деформации, Δε, %	N
Образцы с направленной структурой						850	Образцы с направленной структурой	
Гладкие	симметричный	10 <sup>7</sup>	200	275	345		1,0	1,3×10 <sup>3</sup>
С надрезом	симметричный	10 <sup>7</sup>	—	—	270		0,8	2,5×10 <sup>3</sup>
Образцы с равноосной структурой							0,6	8×10 <sup>3</sup>
Образцы с равноосной структурой							Образцы с равноосной структурой	
Гладкие	симметричный	10 <sup>7</sup>	225	—	338		1,0	520
С надрезом	симметричный	10 <sup>7</sup>	—	—	284	0,8	900	
						0,6	1800	

ХН60КВМЮТЛ (ЦНК 7П)									
Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения						Жаростойкость			
Режим старения		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Среда	t, °С	Суммарная глубина коррозии <sup>1</sup> , мм	База испытаний, ч
t, °С	$\tau$ , ч								
Образцы с направленной структурой						Продукты сгорания природного газа: O <sub>2</sub> – 16–18%, CO <sub>2</sub> – 2–3%, H <sub>2</sub> O – 4–6%, N <sub>2</sub> – 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 <sub>2</sub> – 16–18%, CO <sub>2</sub> – 2–3%, H <sub>2</sub> O – 4–6%, N <sub>2</sub> – остальное; с обмазкой: NaCl – 3,0%, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 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 <sup>2</sup> $K_v = 0,02$ (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.									
<b>Массовая доля элементов, %, по ТУ 1-809-1079-98</b>											
C	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
<b>Механические свойства</b>											
НД	Режим термообработки	Сечение, мм	t испытания, °C	Кратковременные свойства						Длительная прочность	
				$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч
				не менее							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°C, 3 ч, воздух Нагрев 1000°C, 2 ч, воздух Старение 840°C, 24 ч, воздух	∅ 90	20 850	500 —	700 —	3 —	— —	10 —	— —	— 225	— 40
<b>Назначение.</b> Для литья лопаток ГТУ с равноосной структурой и других деталей горячего тракта ГТУ и дизелей.											
Условия испытания			Предел выносливости, $\sigma_{-1}$ , Н/мм <sup>2</sup> , при t, °C			Малоцикловая выносливость					
Тип образца	Цикл	N	20	800	850	Максимальная температура цикла, °C	Размах упруго-пластической деформации, $\Delta \epsilon$ , %		N		
Гладкие	симметричный	$2 \times 10^7$	185	290	275	850	0,42 0,33		$5 \times 10^3$ $1 \times 10^4$		

ХН60КВМЮТБЛ (ЦНК 21П)													
Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения						Жаростойкость							
Режим старения		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Среда	t, °С	Глубина коррозии <sup>1</sup> , мм	Суммарная глубина коррозии <sup>2</sup> , мм	База испытаний, ч			
t, °С	$\tau$ , ч												
Исходное состояние		625	836	7,3	16	Расплав <sup>3</sup> : NaCl – 25% + + Na <sub>2</sub> SO – 75%	850	0,028	—	100			
700	3000	700	805	3,4	16	Продукты сгорания природного газа: O <sub>2</sub> – 16–18%, CO <sub>2</sub> – 2–3%, H <sub>2</sub> O – 4–6%, N <sub>2</sub> – остальное; с обмзкой: NaCl – 3,0%, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 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						<sup>1</sup> Глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.2 и 6.1.1.		
Образцы с равноосной структурой.						<sup>2</sup> Суммарная глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.5 и 6.1.3.							
						<sup>3</sup> Данные МГУ им. Ломоносова.							

## 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 $\sigma_b = 836$ Н/мм <sup>2</sup> $K_v = 0,02-0,03$ (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)																
C	Si	Mn	S	P	Cr	Co	W	Mo	Ti <sup>1</sup>	Al <sup>1</sup>	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
<sup>1</sup> Сумма Al и Ti должна быть равна 7,5–8,5%.																
<b>Механические свойства</b>																
НД	Режим термообработки	Сечение, мм	t испытания, °C	Кратковременные свойства						Длительная прочность						
				σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	σ, Н/мм <sup>2</sup>	τ, ч					
				не менее							не менее					
ТУ 108.1119-82	Закалка 1160°C, 4 ч, охлаждение с печью до 1050°C, 4 ч, охлаждение на воздухе; отпуск 830°C, 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°C, 4 ч, охлаждение со скоростью 10–15°C/мин до 1050°C, 2 ч, охлаждение со скоростью 20–40°C/мин до открытия печи	Лопатки до нанесения покрытий	20	716 <sup>2</sup>	834	3	—	—	—	—	—					
				608 <sup>3</sup>	706	2,5	—	—	—	—						
			800	686 <sup>2</sup>	784	3	—	—	—	—						
				588 <sup>3</sup>	666	2,5	—	—	—	—						
			900	—	—	—	—	—	—	216 <sup>2</sup>	40					
				—	—	—	—	—	—	206 <sup>3</sup>	40					
	Нагрев до 1030°C, выдержка 2 ч, охлаждение со скоростью 20–40°C/мин	Лопатки с покрытиями	20	686 <sup>2</sup>	784	3	—	—	—	—	—					
				608 <sup>3</sup>	706	2,5	—	—	—	—						
			800	637 <sup>2</sup>	784	3	—	—	—	—						
				588 <sup>3</sup>	666	2,5	—	—	—	—						
			900	—	—	—	—	—	—	216 <sup>2</sup>	40					
				—	—	—	—	—	—	206 <sup>3</sup>	40					
Старение 850°C, 16 ч, охлаждение со скоростью 20–40°C/мин		216 <sup>2</sup>	40													
		206 <sup>3</sup>	40													

<sup>2</sup> Отдельно отлитые образцы.<sup>3</sup> Образцы, изготовленные из лопаток.

## ХН64ВМКЮТЛ (ЗМИ 3)

Назначение. Литые лопатки высокотемпературных газовых турбин.

Условия испытания			Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>7</sup>	291	332	403				900	0,58	1×10 <sup>3</sup>
С надрезом	симметричный	10 <sup>7</sup>	213	268	325						
Гладкие	симметричный	10 <sup>8</sup>	222	253	257						
С надрезом	симметричный	10 <sup>8</sup>	150	199	169						

## Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения

## Жаростойкость

Режим старения		σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Среда	t, °С	Глубина коррозии <sup>4</sup> , мм	Суммарная глубина коррозии <sup>5</sup> , мм	База испытаний, ч					
t, °С	τ, ч														
Исходное состояние		785	905	4,5	21	Продукты сгорания природного газа: O <sub>2</sub> – 16–18%, CO <sub>2</sub> – 2–3%, H <sub>2</sub> O – 4–6%, N <sub>2</sub> – остальное; с обмазкой: NaCl – 0,4%, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 1,8%, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 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						<sup>4</sup> Глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.2 и 6.1.1.				
900	5000	590	810	6,2	20	<sup>5</sup> 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 <sub>в</sub> = 800 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , 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	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 <sup>2</sup> , при t, °C		Малоцикловая выносливость		
Тип образца	Цикл	N	20	750	Максимальная температура цикла, °C	Размах упруго-пластической деформации, Δε, %	N
Гладкие	симметричный	10 <sup>7</sup>	314	240	—	—	—
С надрезом	симметричный	10 <sup>7</sup>	—	182			

Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения						Жаростойкость			
Режим старения		σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 1,8%, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 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	—		800	0,00125	

**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 <sub>b</sub> = 580 Н/мм <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,1 (твердый сплав), K <sub>v</sub> = 0,05 (быстрорежущая сталь)	1415	1360	1580–1600	1460–1540	950

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>ХН65КМВИЮТЛ (ЖС 6К)</b>	<b>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.</b>

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	ос-нова	4,00–5,50	4,50–5,50	3,50–4,50	2,50–3,20	5,00–6,00	По рас-чету 0,01	По рас-чету 0,015	По рас-чету 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	ос-нова	4,00–5,50	4,50–5,50	3,50–4,50	2,50–3,20	5,00–6,00	По рас-чету 0,01	По рас-чету 0,015	По рас-чету 0,03	≤ 2,00

Механические свойства												
НД	Режим термообработки	Сечение, мм	t испытания, °С	Кратковременные свойства						Длительная прочность		
				$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч	
				не менее								не менее
ТУ 108.1109–82	Равноосное литье. Закалка, 1215°С, 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°С, 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	—	14,7	—	—	—	
ТУ 108.02.068–82 <sup>1</sup>	Направленная кристаллизация. Закалка, 1210°С, 4 ч, воздух	Лопатки	20 800	726 —	785 —	5 —	— —	14,7 —	— —	— 481	— 100	
ТУ 108.17.133–84 <sup>1</sup>	Направленная кристаллизация. Закалка, 1215°С, 4 ч, воздух	Лопатки	20	726	785	5	—	14,7	—	—	—	
ТУ 108.02.132–88			800	—	—	—	—	—	—	481	100	

<sup>1</sup> Окончательно обработанные лопатки должны проходить контрольные испытания на усталостную прочность. Лопатки не должны разрушаться через 10<sup>7</sup> циклов при симметричном цикле нагружения с напряжением не менее 168 Н/мм<sup>2</sup> по ТУ 108.02.068–82 и с напряжением 132 Н/мм<sup>2</sup> по ТУ 108.17.133–84 при температуре 750°С.

Термостойкость при циклическом нагреве и охлаждении клиновидных образцов (время цикла 1 мин.) [4]		
T <sub>мин</sub> , °С	T <sub>макс</sub> , °С	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°С. Литые лопатки с равноосной и направленной структурой для высокотемпературных газовых турбин.

Условия испытания			Предел выносливости, $\sigma_{-1}$ , Н/мм <sup>2</sup> , при t, °С				Малоцикловая выносливость		
Тип образца	Цикл	N	20	800	850	900	Максимальная температура цикла, °С	Размах упруго-пластической деформации, $\Delta \varepsilon$ , %	N
Равноосная структура, гладкие	симметричный	10 <sup>7</sup>	270	290–310	—	300			
Направленная структура, гладкие	симметричный	10 <sup>7</sup>	—	—	320	300	0,8	4×10 <sup>3</sup>	
								0,68	1×10 <sup>4</sup>

ХН65КМВИЮТЛ (ЖС 6К)									
Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения						Жаростойкость			
Режим старения		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	Среда	t, °С	Суммарная глубина коррозии <sup>2</sup> , мм	База испытаний, ч
t, °С	$\tau$ , ч								
Образцы с равноосной структурой						Продукты сгорания природного газа: O <sub>2</sub> – 16–18%, CO <sub>2</sub> – 2–3%, H <sub>2</sub> O – 4–6%, N <sub>2</sub> – 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			0,083	5000
900	10000	690	890	4,3	12				
950	10000	640	870	3,5	26				
Образцы с направленной структурой продольные						Продукты сгорания природного газа: O <sub>2</sub> – 16–18%, CO <sub>2</sub> – 2–3%, H <sub>2</sub> O – 4–6%, N <sub>2</sub> – остальное; с обмазкой: NaCl – 3%, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 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	—	850	0,306	200	
Образцы с направленной структурой поперечные						Продукты сгорания газотурбинного топлива: O <sub>2</sub> – 15–17%, CO <sub>2</sub> – 6–8%, SO <sub>2</sub> – 0,05–0,1%, H <sub>2</sub> O – 6%, N <sub>2</sub> – остальное; с обмазкой: V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 2,6%, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 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	—				

<sup>2</sup> 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 трещиностойкости	—	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 <sup>2</sup> $K_v = 0,07$ (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 элементов <sup>1</sup> , %, по ТУ 108.02.058–82																
С	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

<sup>1</sup> 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		
				$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , 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	∅ 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, $\sigma_{-1}$ , Н/мм <sup>2</sup> , при t, °С			Малоцикловая выносливость		
Тип образца	Цикл	N	20	700	800	Максимальная температура цикла, °С	Размах упруго-пластической деформации, $\Delta \epsilon$ , %	N
—	—	—	—	—	—	800	0,5	1×10 <sup>3</sup>
							0,4	3×10 <sup>3</sup>
							0,34	1×10 <sup>4</sup>
							0,28	3×10 <sup>4</sup>

ХН65ВКМБЮТЛ (ЭИ 539ЛМУ)										
Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения						Жаростойкость				
Режим старения		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Среда	t, °С	Глубина коррозии <sup>2</sup> , мм	Суммарная глубина коррозии <sup>3</sup> , мм	База испытаний, ч
t, °С	t, ч									
Исходное состояние		730	856	4,5	21	Продукты сгорания природного газа: O <sub>2</sub> – 16–18%, CO <sub>2</sub> – 2–3%, H <sub>2</sub> O – 4–6%, N <sub>2</sub> – остальное; с обмзкой: NaCl – 3,0%, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 40% и другие окислы	800	0,015	—	1000
800	3000	650	750	2,5	10	Продукты сгорания газотурбинного топлива: воздух с обмзкой: V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 1,8%, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 66,2% и другие окислы	800	0,0035	—	1000
850	3000	660	780	3,2	11	<sup>2</sup> Глубина коррозии, определяемая по ГОСТ 6130–71 п. 5.2 и 6.1.1.				
900	5000	640	740	2,4	15	<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup> K <sub>v</sub> = 0,05 (твердый сплав)					
		1330	1250	—	1450–1500	900–1050

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>ХН70КВМЮТЛ (ЦНК 17П)</b>	<b>Литая прутковая шихтовая заготовка жаропрочного коррозионно-стойкого никелевого сплава, полученная вакуумно-индукционным методом — ТУ 1-801-288-91.Р2, ТУ 1-809-1079-98.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	t, ч
				не менее							
ТУ 1-801-288-91.Р2	Образцы с равноосной структурой, залитые в холодные керамические формы. Без термообработки	ø 90	20	686	883	3	—	9,8	—	—	—
			900	—	—	—	—	—	—	196	40
ТУ 1-809-1079-98	Образцы с равноосной структурой, залитые в горячие керамические формы. Без термообработки	ø 90	20	686	883	3	—	9,8	—	—	—
			900	—	—	—	—	—	—	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, $\sigma_{-1}$ , Н/мм <sup>2</sup> , при t, °C	Термическая усталость интегральных колес	
Тип образца	Цикл	N	750	Условия испытания	
			280	N	
Гладкие	симметричный	$2 \times 10^7$		80 тыс. обор/мин при 800°C; 3 мин	
				↓↑	
				57 тыс. обор/мин при 400°C; 3 мин	
				2000–5000	

Механические свойства при комнатной температуре после длительного старения					Жаростойкость				
Режим старения		$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> $K_v = 0,02-0,03$ (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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	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	18	—	—	—	—
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 ( $\sigma_b$ ) и относительного удлинения ( $\delta$ ).											
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\sigma_b$ ) и относительное удлинение ( $\delta$ ) 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [42]				Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C					Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	$\tau_{cp}$	N		+20	0	–20	–40	–60	
35	—	55	2·10 <sup>7</sup>	Отожженные						
42–63	—	—	2·10 <sup>7</sup>	Нагартованные	—	—	—	—	—	—

K<sub>f</sub>=1; f=40 Гц.

Механические свойства (типичные) листов технического алюминия

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °С	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 <sub>выт</sub>	K <sub>отб</sub>	K <sub>выдв</sub> , %	R <sub>мин</sub> , 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, °С	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ГОСТ 18482–79	Без термической обработки Состояние материала при испытании — отожженный			Трубы Всех толщин	—	100	12	—	—	—	—	
					—	100	12	—	—	—	—	
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ГОСТ 21488–97	Без термической обработки			Пруток Ø от 5,0 до 350	—	100	20	—	—	—	—	
					—	100	20	—	—	—	—	
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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													
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup> [42]			Термообработка	Коррозионная стойкость [42]									
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		Вид коррозии	Среда	t, °C	Длительность, ч	Балл стойкости					
100	—	5·10 <sup>8</sup>	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 <sup>8</sup>	Лист полунагартованный	Точечная									
50	—	5·10 <sup>8</sup>	Лист отожженный	Коррозионное растрескивание									
K <sub>t</sub> =1; f=40 Гц			Межкристаллитная										
Гарантированные механические свойства полуфабрикатов													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	$\tau_{ср}$ , Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	$\tau_{ср}$ , Н/мм <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										не менее
[42]	Нагартованный Полунагартованный Отожженный			—		20	180	200	5	50	—	110	55
						20	130	170	10	55	—	100	40
						20	50	130	23	70	—	—80	30
	Отожженные			Толщина 3		20	—	110	30	—	—	—	—
						100	—	95	35	—	—	—	—
						150	—	85	39	—	—	—	—
						175	—	75	41	—	—	—	—
						200	—	70	41	—	—	—	—
						250	—	55	43	—	—	—	—
	Без термической обработки			Толщина 25		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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее
[42]	Нагрев  (лист отожженный)	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 отожженный)	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 полунартованный)	20	Воздух		—	170	—	—	—	—	—	—
		100			—	160	—	—	—	—	—	
		150			—	145	—	—	—	—	—	
		200			—	110	—	—	—	—	—	
		250			—	70	—	—	—	—	—	
		300			—	48	—	—	—	—	—	
	Нагрев  (лист нагартованный)	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 <sub>пр</sub>	K <sub>раб</sub>	K <sub>пр</sub>	K <sub>раб</sub>	K <sub>пл</sub>	K <sub>сф</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>раб</sub>
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\sigma_b$ ) и относительного удлинения ( $\delta$ ).											
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 21488-97	Без термической обработки			Пруток Ø от 5,0 до 300	—	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 21631-76	Состояние листов			0,5–1,0	—	165	16	—	—	—	—
	Отоженные										
	Нагартованные			0,5–1,0	215	265	3	—	—	—	—
				1,0–4,0	215	265	4	—	—	—	—
	Полунагартованные			0,5–1,0	145	235–314	5	—	—	—	—
				1,0–4,0	145	235–314	6	—	—	—	—
Без термической обработки			5,0–10,5	—	175	7	—	—	—	—	

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 $\sigma_b$ и $\delta$ , и 5% листов для $\sigma_{0,2}$ в нагартованном состоянии; 5% листов от партии для определения $\sigma_b$ и $\delta$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>				Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
НД	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+20	0	-20	-40	-60	-80	
[41]	122,5	—	—	—							
[42]	85	—	5·10 <sup>8</sup>	Лист отожженный толщиной 2 мм (K <sub>t</sub> =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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
[42]	Отожженные			Толщина 0,5–1,0	не менее или в пределах								
					Листы								
					1,0–10,5	—	≤ 165	16	—	—	—	—	
						—	≤ 165	18	—	—	—	—	
	Полунагартованные				0,5–1,0	145	234–315	5	—	—	—	—	
						1,0–5,0	145	234–315	6	—	—	—	—
							5,0–10,0	135	225	6	—	—	—
	Нагартованные				0,5–1,0	215	265	3	—	—	—	—	
						1,0–10,5	215	265	4	—	—	—	—
	Горячекатаные без термической обработки				5,0–10,5	—	175	7	—	—	—	—	
						Плиты							
	Горячекатаные без термической обработки				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)							
—						165	15	—	—	—	44		
Поковки (поперечные образцы)													
—						145	13	—	—	—	44		
Поковки (высотные образцы)													
—						135	11	—	—	—	44		
Отожженные				Толщина До 75	Штамповки (продольные образцы)								
					—	165	15	—	—	—	44		
					Штамповки (поперечные образцы)								
					—	145	12	—	—	—	44		
					Штамповки (высотные образцы)								
					—	135	10	—	—	—	44		
Отожженные				Толщина До 75	Штамповки (продольные образцы), типичные свойства								
					90	180	35	—	—	—	52		
					76–100	90	180	25	—	—	—	50,5	
						Штамповки (поперечные 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>пр</sub>	K <sub>раб</sub>	K <sub>пр</sub>	K <sub>раб</sub>	K <sub>пл</sub>	K <sub>сф</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>раб</sub>		
[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 <sup>2</sup>		$\sigma_B^{св}/\sigma_B$		K <sub>тр</sub> , %		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												

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>AMг3</b>	<b>Плиты — ГОСТ 17232-99. Трубы — ГОСТ 18482-79. Сортовой прокат — ГОСТ 21488-97. Листы — ГОСТ 21631-76.</b>

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 ( $\sigma_b$ ) и относительного удлинения ( $\delta$ ).

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 21488-97	Без термической обработки			Пруток $\phi$ от 5,0 до 300	78	127	13	—	—	—	—
					78	127	13	—	—	—	—
	Отожженные			$\phi$ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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  $\sigma_b$  и  $\delta$ , и 5% листов для —  $\sigma_{0,2}$  в отожженном состоянии; 5% листов от партии для определения  $\sigma_b$  и  $\delta$ , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	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 <sup>2</sup> [42]				Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\sigma_{пл}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80	
90	80	—	5·10 <sup>8</sup>	Лист отожженный толщиной 2 мм (K <sub>1</sub> =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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[42]	Отожженные			Толщина 0,5–0,6	Листы							
					≤ 90	≤ 195	15	—	—	—	—	
	Полунагартованные			0,5–1,0	≤ 100	≤ 135	15	—	—	—	—	
					1,0–5,0	≤ 80	≤ 185	15	—	—	—	—
						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	Плиты							
					70	185	12	—	—	—	—	
	Без термической обработки			25,0–80,0	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	—	—	—	—	
	Отожженные			Толщина 2,5–4,0	Трубы катаные и тянутые							
					70	≤ 185	15	—	—	—	—	
	Нагартованные				100	255	—	—	—	—	—	
	Отожженные			Толщина До 75	Поковки (продольные образцы)							
					70	185	15	—	—	—	—	44
145					275	15	—	—	—	—	63,5	
Отожженные			До 75	Поковки (поперечные образцы)								
				—	165	12	—	—	—	—	44	
				Поковки (высотные образцы)							44	
Отожженные			Толщина До 75	Штамповки (продольные образцы)								
				70	185	15	—	—	—	—	44	
				Штамповки (поперечные образцы)							44	
Отожженные			До 75	Штамповки (высотные образцы)								
				—	155	10	—	—	—	—	44	

АМг3												
Механические свойства (типичные) листов при различных температурах												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>пр</sub>	K <sub>раб</sub>	K <sub>пр</sub>	K <sub>раб</sub>	K <sub>пл</sub>	K <sub>сф</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>раб</sub>		
[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 <sup>2</sup>		$\sigma_b^{св}/\sigma_b$		K <sub>тр</sub> , %		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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [42]				Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\sigma_{шц}$	$\sigma_{-0,2}$	N		+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80	
105	120	160	5·10 <sup>8</sup>	Лист отожженный толщиной 2 мм (K <sub>t</sub> =1; f=40 Гц)	—	—	—	—	—	—	—

АМг5												
Гарантированные механические свойства полуфабрикатов												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
[42]	Отожженные			Толщина	не менее							
					Листы							
					0,5–0,6	≤ 135	≤ 275	15	—	—	—	—
					0,6–4,5	≤ 145	≤ 275	15	—	—	—	—
	Без термической обработки			5,0–6,0 6,0–10,5	130	275	12	—	—	—	—	
					130	275	15	—	—	—	—	
	Отожженные			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, °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									
[42]	Отожженные			Толщина	– 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °С	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 <sub>пр</sub>	K <sub>раб</sub>	K <sub>пр</sub>	K <sub>раб</sub>	K <sub>пл</sub>	K <sub>сф</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>раб</sub>
[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 <sup>2</sup>		$\sigma_b^{св}/\sigma_b$		K <sub>тр</sub> , %		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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 21631–76	Состояние листов			0,5–0,6	145	305	15	—	—	—	—
	Отожженные										
	Без термической обработки										
				5,0–10,5	155	315	15	—	—	—	—
<b>Назначение.</b> Сплав применяют в сварных конструкциях при изготовлении емкостей, используемых в том числе при крепежных температурах.											
Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [42]				Термообработка	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\sigma_{III}$	$\sigma_{-0,2}$	N		+ 20	0	– 20	– 40	– 60	– 80	
90	100	180	5·10 <sup>8</sup>	Лист отожженный толщиной 2 мм (K <sub>t</sub> =1; f=40 Гц)	—	—	—	—	—	—	—
K <sub>t</sub> — 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCV, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>пр</sub>	K <sub>раб</sub>	K <sub>пр</sub>	K <sub>раб</sub>	K <sub>пл</sub>	K <sub>сф</sub>	R <sub>min</sub>	R <sub>раб</sub>
[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 <sup>2</sup>	$\sigma_B^{св}/\sigma_B$	K <sub>тр</sub> , %	Угол загиба, град.
[42]	290	0,85	5	90

Технологические характеристики
Свариваемость [42]
Сплав обладает хорошей свариваемостью

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>АВ</b>	<b>Плиты — ГОСТ 17232–99. Трубы — ГОСТ 18482–79. Сортовой прокат — ГОСТ 21488–97. Листы — ГОСТ 21631–76.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—
Закаленные и искусственно состаренные			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 ( $\sigma_b$ ) и относительного удлинения ( $\delta$ ).

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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 18482–79	Без термической обработки			Трубы	не менее						
	Закаленные и естественно состаренные			всех толщин							
	Закаленные и искусственно состаренные			От 3,0 до 40,0	225	310	8	—	—	—	—

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ		
	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						
							—	155	16	—	—	—	—
			0,5–5,0	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 испытуемых 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 ( $\sigma_b$ ) и относительное удлинение ( $\delta$ ) 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [41]			Вид полуфабриката	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при t, °C						Термообработка
$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		+ 20	0	- 20	- 40	- 60	- 80	
98	—	2·10 <sup>7</sup>	Листы	—	—	—	—	—	—	—
127	—	2·10 <sup>7</sup>	Прессованные профили	—	—	—	—	—	—	—

Механические свойства при различных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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			0,6–3,0	—	200	20	—	—	—	—
				3,0–5,0	—	200	18	—	—	—	—
				5,0–10,5	—	180	16	—	—	—	—
	Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность)			0,4–5,0	—	300	10	—	—	—	—
				5,0–10,5	—	300	8	—	—	—	—
				Плиты (образцы поперечные)							
	Закаленное и естественно состаренное состояние			11,0–25,0	—	180	14	—	—	—	—
				25,0–40,0	—	170	12	—	—	—	—
				40,0–80,0	—	170	10	—	—	—	—
	Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность)			11,0–25,0	—	300	7	—	—	—	—
				25,0–40,0	—	290	6	—	—	—	—
				40,0–80,0	—	280	6	—	—	—	—
	Закаленное и естественно состаренное состояние			До 125 вкл.	Профили прессованные (образцы продольные)						
					—	180	14	—	—	—	—
	Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность)			До 125 вкл.	230	300	10	—	—	—	—
	Закаленное и естественно состаренное состояние			s ≤ $\phi$ ≤ 300	Прутки (образцы продольные)						
					—	180	14	—	—	—	—
	Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность)			s ≤ $\phi$ ≤ 300	—	300	12	—	—	—	—
Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность)			Масса до 1500 кг	Поковки (образцы продольные)							
				—	280	10	—	—	—	—	—
Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность)			Масса до 200 кг	Штамповки (образцы продольные)							
				220	300	12	—	—	—	—	—
Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность)			Масса до 200 кг	Штамповки (образцы поперечные)							
				—	270	4	—	—	—	—	—
Закаленное и естественно состаренное состояние			Стенка от 5	Трубы прессованные							
				—	210	14	—	—	—	—	—
Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность)			Стенка от 5	230	310	8	—	—	—	—	
Закаленное и естественно состаренное состояние			Всех размеров	Трубы катаные, тянутые							
				—	210	14	—	—	—	—	—
Закаленное и искусственно состаренное состояние (на максимальную прочность)			Всех размеров	—	310	8	—	—	—	—	
<b>Технологические характеристики [42]</b>											
<b>Пластическая деформация</b>											
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.											
<b>Свариваемость</b>						<b>Обработываемость резанием</b>					
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										HRC	HB
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда							не менее или в пределах	
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<sub>b</sub>) может быть выше, но не более чем на 20 Н/мм<sup>2</sup> 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 σ<sub>b</sub> = 220–260 Н/мм<sup>2</sup> и δ не менее 40%;

механические свойства горячекатаных листов должны соответствовать: σ<sub>b</sub> не менее 200 Н/мм<sup>2</sup>; 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 617–2006	Состояние материала			φ <sub>n</sub> 3–360 толщина стенки	Трубы тянутые и холоднокатаные						
	Мягкое				—	200	38	—	—	—	—
	Полутвердое			0,8–10,0; φ <sub>n</sub> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup> при сохранении относительного удлинения ( $\delta$ ), указанного в таблице.
2. Относительное удлинение после разрыва ( $\delta$ ) 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\delta_{10}$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—
	Тянущие мягкие			φ 3–50	Прутки высшей категории качества						
	Тянущие полутвердые				—	210	45	40	—	—	—
Тянущие твердые			—		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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 11383–75	Мягкое состояние			φ <sub>n</sub> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [41]				Термообработка	Жаростойкость [32, 33]				
t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		Марка сплава	Среда	t, °C	Увеличение массы, $\Delta m/v$ , г/см <sup>3</sup>	Длительность испытания, ч
20	69–98	—	3·10 <sup>8</sup>	—	M1	Кислород	700	12	24
НД	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		800			19,1	24	
		1·10 <sup>3</sup>		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 <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	20	—	—	—	—

<sup>1</sup> Верхний предел временного сопротивления ( $\sigma_{\text{в}}$ ) может быть выше, но не более чем на 20 Н/мм<sup>2</sup> при сохранении относительного удлинения ( $\delta$ ) не менее приведенного в таблице выше.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 2060-2006	Марка материала и состояние			Прутки Ø 10-160 Тянутые полутвердые Ø 3-50	—	360 390	20 15	— —	— —	— —	— 100
	ЛО62-1										
	Прессованные										
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HV
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 21646-2003	Марка материала и состояние			Трубы Ø <sub>н</sub> 10-50 Мягкое Ø <sub>н</sub> 10-50	150 <sup>2</sup> 100 <sup>2</sup>	360 320	40 45	— —	— —	— —	80-125 <sup>2</sup> —
	ЛО70-1										
	Полутвердое										

<sup>2</sup> Значения условного предела текучести ( $\sigma_{0,2}$ ) и твердости (HV) являются справочными.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[41]	ЛО62-1			До Ø 50	—	392	40	—	—	—	—
	ЛО70-1			Ø 50	—	343	62	—	—	—	—

<b>ЛО62-1, ЛО70-1</b>
-----------------------

**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  $\alpha+\beta$ .

ЛО70-1 — структура  $\alpha$ .

**Гарантируемые механические свойства полуфабрикатов**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>n</sub> 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	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	E, кН/мм <sup>2</sup>
	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
	Марка материала и состояние										
	ЛО70-1										
Состояние — мягкое											
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		
<b>Гарантируемые механические свойства деформируемых специальных латуней при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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
<b>Назначение.</b> Трубы, детали теплотехнической аппаратуры, морского судостроения.											
Фазовый состав — $\alpha$ -фаза.											
<b>Типичные механические свойства деформируемых специальных латуней</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[42]	Состояние материала			не менее							
	Мягкое			—	95	300	55	—	—	—	57
	Твердое			—	—	350	3	—	—	—	145
<b>Коррозионная стойкость [42]</b>											
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											
<b>Технологические характеристики [42]</b>											
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						Марка сплава				
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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				—	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				—	—	—	—	—	—	—	
	Прессованное				φ 10–160	Прутки						
	—				—	290	30	—	—	—	65–120	
	—				—	Прутки тянутые и холоднокатаные						
	Мягкое				φ 3–50	—	290	40	—	—	65–120	
	Полутвердое				φ 3–40	—	370	15	—	—	121–165	
	Твердое				φ 3–12	—	440	10	—	—	161	
	—				—	Проволока						
	Мягкое				φ 1,1–4,8	—	350	30	—	—	—	
	Полутвердое				φ 1,1–4,8	—	400	10	—	—	—	
	Твердое				φ 1,1–4,8	—	600–800	—	—	—	—	
	—				—	Проволока						
Мягкое			φ 5–12	—	320	34	—	—	—			
Полутвердое			φ 5–12	—	360	12	—	—	—			
Твердое			φ 12	—	550–750	—	—	—	—			
—			—	Трубы тянутые и холоднокатаные								
Мягкое			φ 3–195	—	300	38	—	—	—			
Полутвердое			φ 3–195	—	340	30	—	—	—			
—			—	Трубы								
Прессованное			φ 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				—	290–390	42	—	—	—	70	
	Мягкое				0,1–12	—	340–470	20	—	—	105	
	Полутвердое				0,1–12	—	430–540	10	—	—	125	
	Твердое				0,1–12	—	520	—	—	—	155	
	Особо твердое				0,1–2	—	—	—	—	—	—	
	—				—	Трубы тянутые и холоднокатаные						
	Мягкое				φ 3–195	—	290	40	—	—	—	
	Полутвердое				φ 3–195	—	350	30	—	—	—	
	Твердое				φ 3–195	—	440	10	—	—	—	
	—				—	Проволока						
	Мягкое				φ 1,5–12	—	300	40	—	—	—	
Полутвердое			φ 1,5–12	—	350	15	—	—	—			
Твердое			φ 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	260–270 <sup>1</sup>	—	—

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HV	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее
ГОСТ 2060-2006	Состояние материала			Прутки ø 10-50	—	360	18	—	—	—	80-140	
	Прессованные											ø 55-160
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HV	
	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	
					—	400	20	—	—	—	—	
			ø 3-195	—	380	21	—	—	—	—		
			ø 1,0-10	—	380	21	—	—	—	—		
Типичные механические свойства деформируемых специальных латуней												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HV	
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—
	Тянутое 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[42]	Состояние материала			—	не менее						
	Состояние — мягкое				170	450	50	—	120	—	88
	Состояние — твердое				450	700	8	—	—	—	160
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			
Обрабатываемость резанием, % (по отношению к обрабатываемости 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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—	—
<b>Назначение.</b> 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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 17711–93	Способ литья			—	685	690	7	—	—	—	160
	В песчаные формы										
	В кокиль										
	Центробежное										
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	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	—	—	—	—		—			
Обработываемость резанием, % (по отношению к обрабатываемости латуни ЛС63–3)											
—											

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>	
<b>МНЖ5-1</b> (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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—		
	Тянутые (отожженные)				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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 1-60	Трубы тянутые						—	—
	Листы, полосы				—	260	30	—	—	—		
	Мягкое			0,5-20,0	Листы, полосы						—	—
	Твердое				—	294	30	—	—	—		
Твердое			0,5-20,0	—	392	3	—	—	—	—		

**Типичные механические свойства медно-никелевых деформируемых сплавов**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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.									
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 492-2006</b>											
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				
<b>Гарантируемые механические свойства полуфабрикатов</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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				—	490	10	—	—	—	140-190
<b>Назначение.</b> 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.											
<b>Типичные механические свойства медно-никелевых конструкционных сплавов</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[42]	Состояние материала			—	—	350-450	40-50	—	9	—	70
	Состояние — мягкое										
	Состояние — твердое										
<b>Коррозионная стойкость [42]</b>											
Вид коррозии		Среда			t, °C	Длительность, ч		Балл стойкости			
Общая		Отличается высокой коррозионной стойкостью в пресной, морской воде и паре									
Точечная											
Коррозионное растрескивание											
Межкристаллитная											
<b>Технологические характеристики [42]</b>											
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	—		—			
<b>Обрабатываемость резанием, % (по отношению к обрабатываемости латуни ЛС63-3)</b>											

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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> ·сутки)							
Общая	Морская вода	—	—	—	0,2							
	10% раствор H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	—	—	—	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							
Ве	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HV	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
					не менее						
					Проволока						
ГОСТ 15834–77	Мягкое (после закалки)			φ 0,1	—	—	—	—	—	—	—
				φ 0,1–1,0	—	390–637	20	—	—	—	—
				φ 1,1–5,0	—	390–590	25	—	—	—	—
Твердое			φ 0,06–0,5	—	920–1370	—	—	—	—	—	
			φ 0,55–5,0	—	735–980	—	—	—	—	—	
			φ 5,5–12	—	640–980	—	—	—	—	—	
Состаренное			φ 0,06–0,9	—	1080	—	—	—	—	—	
			φ 1,0–12	—	1080	1	—	—	—	—	
ГОСТ 15835–70					Прутки тянутые						
Состояние материала				φ 5–40	—	392–590	25	—	—	—	100–150
Мягкое (после закалки и отжига)					—	735–980	1	—	—	—	150
Твердое (деформация) после закалки				φ 5–15	—	735–980	1	—	—	—	150
				φ 15–40	—	640–880	1	—	—	—	150
Состаренное (после закалки)				φ 5–15	—	1080	2	—	—	—	320
Состаренное после закалки и холодной деформации				φ 5–15	—	1170	2	—	—	—	340
Прессованное					Прутки						
				φ 42–100	—	442	20	—	—	—	—
ГОСТ 1789–70					Полосы, ленты						
Мягкое (после закалки)				0,02–0,14	—	—	—	—	—	—	—
				0,15–0,25	—	390–590	20	—	—	130	—
				Свыше 0,25	—	390–590	30	—	—	130	—
Мягкое				0,15–0,25	—	390–540	20	—	—	—	—
				Свыше 0,25	—	390–540	35	—	—	—	—
После дисперсионного твердения из мягкого состояния				0,15–0,25	—	1080–1370	—	—	—	—	—
				Свыше 0,25	—	1130–1370	2	—	—	—	—
Твердое				0,15–0,25	—	640–680	—	—	—	—	—
				Свыше 0,25	—	640–680	3	—	—	—	—
После дисперсионного твердения из твердого состояния				0,15–0,25	—	1130–1520	—	—	—	—	—
				Свыше 0,25	—	1180–1520	2	—	—	—	—
Твердое (деформированные после закалки на 30–40%)				0,02–0,14	—	—	—	—	—	—	170
				0,15–0,25	—	590–880	—	—	—	—	170
				Свыше 0,25	—	640–930	3	—	—	—	170
Состаренное (после закалки)				0,02–0,14	—	—	—	—	—	—	330
				0,15–0,25	—	1080–1470	—	—	—	—	330
				Свыше 0,25	—	1130–1470	2	—	—	—	330
Состаренное (деформированные после закалки на 30–40%)				0,02–0,14	—	—	—	—	—	—	360
				0,15–0,25	—	1130–1570	—	—	—	—	360
				Свыше 0,25	—	1170–1570	2	—	—	—	360
По требованию потребителя полосы и ленты изготавливают с механическими свойствами соответственно требованиям, принятым в таблице.											
<b>Назначение.</b> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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)											

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>БрО10Ф1</b> <b>(БрОФ10-1)</b>	<b>Литейная оловянная бронза — ГОСТ 613-79.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	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.  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			
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
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	$T_{пл}$ , °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  $\sigma_b$  — 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/мм<sup>2</sup> м/сек и выше, при ударной нагрузке — 1000 Н/мм<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	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/мм<sup>2</sup> [36]

Марка баббита	$\sigma$		Вид испытания	НД	Твердость (НВ) баббита Б83, при t, °C					
	$\sigma_{-изг}$	$\sigma_{сжз}$			+ 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, имеющих 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

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>ВТ1-0</b>	<b>Листы — АМТУ 475–2–67. Трубы — АМТУ 386–2–65. Деформируемые полуфабрикаты — ГОСТ 19807–91.</b>

**Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19807–91**

C	Si	Al	Fe	N	H <sup>1</sup>	O	Прочие	Ti
0,07	0,10	≤ 0,70	0,25	0,04	0,01	0,20	0,30	Основа

<sup>1</sup> Массовая доля Н указана для слитков.

Массовая доля элементов максимальная, если не приведены пределы.

**Механические свойства**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[41]	Полный отжиг <sup>1</sup>	520–540	Воздух	0,3–11,0	20	не менее или в пределах						
						Листы и изделия из них						
	Полный отжиг	670–690	Воздух	Ø 10–60	20	Прутки кованные						
						Трубы отожженные						
Полный отжиг	670–690	Воздух	Толщина стенки 1,5–2,0	20	—	392–539	15	—	—	—	—	—

<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[42]	Полный отжиг	670–690	Воздух	До 100	20	372–490	421–588	25	50	—	—	—
					350	148	201	47 <sup>2</sup>	—	—	—	—
					400	145	189	41 <sup>2</sup>	—	—	—	—

<sup>2</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[42]	Отоженные	ПС		Толщина До 100	Поковки и штамповки (образцы продольные) <sup>1</sup>						
					—	392–539	20	50	100	—	—
				101–150	Поковки и штамповки (образцы поперечные)						
					—	353–539	17	32,5	50	—	—
151–250	—	353–539	15	30	50	—	—				

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	—	40	—
				36–60	—	392–539	13	27 <sup>2</sup>	—	—	—
	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	—	—	—	—	—	—	—
<sup>2</sup> Свойства факультативные.											
Гарантированные механические свойства прутков и труб											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[42]	Отожженные			Ø 10–60	—	392–539	20	50	100	—	—
				Ø 65–100	—	392–539 <sup>1</sup>	20 <sup>1</sup>	50 <sup>1</sup>	100 <sup>1</sup>	—	—
				Ø 65–100	—	343 <sup>1</sup>	15 <sup>1</sup>	40 <sup>1</sup>	70 <sup>1</sup>	—	—
				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	—	—
				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	—	324–539	13	—	—	—	—

<sup>1</sup> 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.

BT1-0													
Механические свойства сплава при различных температурах													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{п.ц}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [42]				Характеристики трещиностойкости листов (s=1 мм) [42]				Пределы длительной прочности и ползучести листов (s=1 мм) [42]					
t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	t, °C	$\sigma_b^H/\sigma_b$ (K <sub>t</sub> =2,6)	КСТ, Дж/см <sup>2</sup>	N·10 <sup>3</sup> (МЦУ) ( $\sigma_{max}=0,7\cdot\sigma_b$ ) (K <sub>t</sub> =2,6)	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч		
									1·10 <sup>2</sup>		0,2/10 <sup>2</sup>		
20	230	—	10 <sup>3</sup>	20	1,45	100	16,0	200	240		170		
200	200	—	10 <sup>3</sup>						160		120		
300	100	—	10 <sup>3</sup>										
400	150	—	10 <sup>3</sup>										
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 <sub>выт</sub>		K <sub>отб</sub>		K <sub>выд</sub> , %		R <sub>min</sub> , 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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[42]	Отжиг	520–570		Лист	20	200	300–450	25	55	—	—	—
<b>Назначение.</b> 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	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[42]	Отожженные	ПС		Толщина До 100	—	490–637	20	45	70	—	4,9–5,5	
				101–150	—	441–637	17	30	50	—	4,9–5,5	
				151–250	—	265–441	19	34	60	—	4,9–5,5	
<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	294–441	25	—	—	140	—	
				0,5–1,8	—	294–441	30	—	—	80–130	—	
				2,0–6,0	—	294–441	25	—	—	80	—	
				6,5–10,0	—	294–441	20	—	—	80	—	
Гарантированные механические свойства прутков												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[42]	Отожженные				не менее или в пределах							
				φ 10–60	—	294–441	25	55	120	—	4,9–5,5	
				φ 65–100 <sup>1</sup>	—	294–441	25	55	120	—	4,9–5,5	
				φ 65–100 <sup>2</sup>	—	294	20	50	10	—	4,9–5,5	
					Прутки (образцы поперечные)							
				φ 101–150	—	265–441	21	36	60	—	4,9–5,5	
				φ 101–150	—	265	18	35	60	—	4,9–5,5	
				φ 140–250	—	265–441	21	36	60	—	4,9–5,5	
				φ 151–250	—	265–441	19	34	60	—	4,9–5,5	
					Прутки (образцы тангенциальные)							
				φ 140–250	—	265–441	22	45	90	—	4,9–5,5	
<sup>1</sup> 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.												
<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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			$\phi$ 1,0–7,0	Проволока									
				—	$\leq 471$	15	—	—	—	—	—		

Механические свойства сплава при различных температурах													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{пл}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> [42]				Характеристики трещиностойкости листов (s=1 мм) [42]				Пределы длительной прочности и ползучести листов (s=1 мм) [42]			
t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	t, °C	$\sigma_b^{II}/\sigma_b$ (K <sub>t</sub> =2,6)	КСТ, Дж/см <sup>2</sup>	N·10 <sup>3</sup> (МЦУ) ( $\sigma_{max}=0,7\cdot\sigma_b$ ) (K <sub>t</sub> =2,6)	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
									1·10 <sup>2</sup>		0,2/10 <sup>2</sup>
20	160	—	10 <sup>3</sup>	20	1,5	1,0	22,8	200	220		140
200	130	—	10 <sup>3</sup>					300	190		—
300	110	—	10 <sup>3</sup>								

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 <sub>выт</sub>	K <sub>отб</sub>	K <sub>выд</sub> , %	R <sub>мин</sub> , 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[81]	Полный отжиг <sup>1</sup>	670-690	Воздух	—	20	—	421-588	25	—	69	—	207
<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	—	—	—	—
					400	145	189	41 <sup>2</sup>	—	—	—	—
<sup>2</sup> Относительное удлинение ( $\delta$ ) в % при $\ell = 11,3 \sqrt{F_0}$ .												
<b>Назначение.</b> Для изготовления полуфабрикатов (листов, лент, фольги, полос, плит, прутков, профилей, труб, поковок и штампованных заготовок) методом деформации, а также слитков.												
Максимальная допустимая температура применения для деталей АЭС 250°C (ПНАЭГ-7-008-89).												
Структура — немагнитная $\alpha$ -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 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	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						

Марка сплава		Вид поставки										
BT5-1		Листы — АМТУ 475-7-67. Деформируемые полуфабрикаты — ГОСТ 19807-91.										
Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19807-91												
C	Si	Al	Sn	V	Fe	Zr	N	H	O	Прочие	Ti	
0,10	0,12	4,30-6,00	2,00-3,00	1,00	0,30	0,30	0,05	0,015	0,15	0,30	Основа	
Массовая доля элементов максимальная, если не приведены пределы.												
Механические свойства												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[5]	Полный отжиг <sup>1</sup>	800-850	Воздух	—	20	—	774-931	12-25	—	39-88	—	—
<sup>1</sup> Массивные полуфабрикаты (прутки, поковки, штамповки, трубы) и изделия из них отжигают при 800-850°C. Неполный отжиг проводят при 550-600°C. Листы отжигают при 700-750°C. Для снятия остаточных напряжений, образующихся в результате механической обработки деталей, в ряде случаев применяют неполный отжиг при температурах ниже температуры рекристаллизации продолжительностью 0,5-2 ч с последующим охлаждением на воздухе. Для снятия напряжений, возникающих при сварке, продолжительность неполного отжига должна составлять 3-16 ч.												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[81, 82]	Полный отжиг	800-850	Воздух	До 100	100	—	617-784	27 <sup>2</sup>	—	—	—	
200					480-539	568-637	30 <sup>2</sup>	—	—			
350					333-451	490-588	24 <sup>2</sup>	—	—			
400					—	470-568	22 <sup>2</sup>	—	—			
500					294-392	441-510	20 <sup>2</sup>	—	—			
-70					833	931	8 <sup>3</sup>	32,5 <sup>2</sup>	59	—		
-196	1125	1323	6 <sup>3</sup>	30 <sup>2</sup>	34	—						
<sup>2</sup> Относительное удлинение (δ) в % при $l = 5,65 \sqrt{F_0}$ .												
<sup>3</sup> Относительное удлинение (δ) в % при $l = 11,3 \sqrt{F_0}$ .												
<b>Назначение.</b> Сплав может применяться для деталей конструкций, подвергающихся длительным нагрузкам при температурах до 500°C. Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 500°C (ПНАЭГ-7-008-89). Структура — α-фаза.												
<b>Чувствительность к надрезу, σ<sub>вын</sub>/σ<sub>в</sub> [81]</b>					<b>Пределы длительной прочности и ползучести [81]</b>							
1,5 (-70°C)					t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч				
1,75 (20°C)												
НД	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup>				t, °C	1·10 <sup>2</sup>		1·10 <sup>3</sup>		Предел	Скорость	Сортамент
	t, °C	σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N								
[81]	20	362-412	—	10 <sup>7</sup>	350	441-510		—		323	0,2/25	Прутки
	350	343	—	10 <sup>7</sup>						294	0,2/100	Листы
[42]	20	400	—	10 <sup>7</sup>	250	—		590	500	0,2/1000	Лист толщиной 1,8 мм	
	300	370	—	10 <sup>7</sup>	300	—		560	450	0,2/1000		
	350	350	—	10 <sup>7</sup>	350	—		540	380	0,2/1000		
	500	260	—	10 <sup>7</sup>	400	—		390	—	—		
					500	—		170	50	0,2/1000		
<b>Пределы прочности и текучести сплава при различных температурах [6]</b>			<b>Пределы длительной прочности и ползучести сплава [6]</b>					<b>Термическая стабильность сплава (прутки) [6]</b>				
t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	t, °C	τ, ч	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %
				1·10 <sup>2</sup>	5·10 <sup>2</sup>	2·10 <sup>3</sup>						
-253	1370	1470	250	588	—	—	—	—	—	785	12	34
-196	1180	1270		300	559	—	—					
20	686	785	350	539	—	—	—	350	3000	785	11,5	33
200-250	510	588	400	461	392	363	373					
300-350	471	539	450	324	245	226	196					
400	451	530	500	245	196	147	78,5					
500	392	471										
600	—	451										

BT5-1		Механические свойства сплава различного сортамента при 20°C										
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	735	6	16 <sup>1</sup>	—	—	—	—
				21–60	—	735	6	16 <sup>1</sup>	—	—	—	—
				10–60	Прутки (образцы продольные)							
				65–100	—	785	10	25	40	—	—	—
				65–100	—	785	8 <sup>2</sup>	20 <sup>2</sup>	40 <sup>2</sup>	—	—	—
				101–130	Прутки (образцы поперечные)							
				140–250	—	745	5	12	40	—	—	—
				140–250	—	745	6	16	45	—	—	—
				140–250	Прутки (образцы тангенциальные)							
				140–250	—	765	8	20	45	—	—	—
				До 100	Штамповки и поковки (образцы продольные)							
До 100	—	785	10 <sup>2</sup>	25 <sup>2</sup>	40	—	—	—				
101–250	Штамповки и поковки (образцы поперечные)											
101–250	—	745	6	16	45	—	—	—				

<sup>1</sup> Свойства факультативные.

<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	735–932	6	—	—	—	—	
				21–60	—	735–932	5	—	—	—	—	
	Отожженные			Ø 10–60	Прутки (образцы продольные)							
	Отжиг	800–850, 0,25–1,0 ч	Воздух	Ø 10–60	—	785–981	10	25	40	—	241–321	
				Ø 65–100	—	785–981	10 <sup>3</sup>	25 <sup>3</sup>	40	—	241–321	
	Неполный отжиг	500–600, 0,5–4,0 ч	Воздух	Ø 101–150	—	745–981	6	16	45	—	241–321	
				Ø 140–250	—	745–981	6	16	45	—	241–321	
				Ø 140–250	Прутки (образцы тангенциальные)							
				Ø 140–250	—	765–981	8	20	45	—	241–321	
				До 100	Штамповки и поковки (образцы продольные)							
	До 100	—	785–981	10	25	40	—	—	241–321			
			101–250	Штамповки и поковки (образцы поперечные)								
101–250	—	637–883	8,5	20	35	—	—	241–321				

<sup>3</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup> 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 <sub>выт</sub>	K <sub>отб</sub>	K <sub>выд</sub> , %	R <sub>min</sub> , 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						

<b>Марка сплава</b>		<b>Вид поставки</b>								
<b>BT9</b>		<b>Прутки катаные — ГОСТ 26492–85. Поковки — ТУ У14275539–002–94.</b>								
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19807–91</b>										
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 α + β мартенситного класса.

t, °C	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [42]			Вид образца	Сечение	Состояние
	σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N			
20	540	—	2·10 <sup>7</sup>	Без надреза	Прутки кованые и катаные (микроструктура II типа)	Отожженное
500	420–450	—	2·10 <sup>7</sup>			
20	350–400	—	1·10 <sup>7</sup>	С надрезом R <sub>n</sub> = 0,75 мм		
500	25–300	—	1·10 <sup>7</sup>			

Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [6]			Сортамент	Вид образца	Нагрев	Термообработка
σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N				
570	—	2·10 <sup>7</sup>	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	—	2·10 <sup>7</sup>				
590	—	1·10 <sup>7</sup>	Образцы	Гладкие	Без нагрева Нагрев 350°C, 200 ч; 550°C, 700 ч; 600°C, 30 ч	
560	—	1·10 <sup>7</sup>				
410	—	1·10 <sup>7</sup>	Образцы	С надрезом	Без нагрева	
600	—	2·10 <sup>7</sup>				
450	—	2·10 <sup>7</sup>	Лопатки маленькие	—	Без нагрева Нагрев 350°C, 200 ч; 550°C, 700 ч; 600°C, 30 ч	
660	—	1·10 <sup>7</sup>				
560	—	1·10 <sup>7</sup>	Образцы	Гладкие	Без нагрева Нагрев 350°C, 200 ч; 550°C, 700 ч; 600°C, 30 ч	
520	—	2·10 <sup>7</sup>				
510	—	2·10 <sup>7</sup>	Лопатки маленькие	—	—	Совмещение калибровки и одноступенчатого отжига (ТМО)
530	—	1·10 <sup>7</sup>				
510	—	1·10 <sup>7</sup>	Образцы	Гладкие	Без нагрева Нагрев 350°C, 200 ч; 550°C, 700 ч; 600°C, 30 ч	
360	—	1·10 <sup>7</sup>				
360	—	1·10 <sup>7</sup>	Образцы	С надрезом	—	

t, °C	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [6]			Вид образца	Микроструктура	Термообработка
	σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N			
20	550	—	10 <sup>7</sup>	Гладкие	Равноосная	Двойной отжиг: нагрев 950–980°C, 1–4 ч, воздух; нагрев 530–580°C, 2–12 ч, воздух
500	450	—	10 <sup>7</sup>			
20	480	—	10 <sup>7</sup>	Гладкие	Корзиночного плетения	
500	420	—	10 <sup>7</sup>			
20	430	—	10 <sup>7</sup>	Гладкие	Грубоигольчатая	
500	370	—	10 <sup>7</sup>			
20	400	—	10 <sup>7</sup>	С надрезом	Равноосная	
500	340	—	10 <sup>7</sup>			
20	360	—	10 <sup>7</sup>	С надрезом	Корзиночного плетения	
500	300	—	10 <sup>7</sup>			
20	300	—	10 <sup>7</sup>	С надрезом	Грубоигольчатая	
500	230	—	10 <sup>7</sup>			
20	650	—	10 <sup>7</sup>	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 <sup>7</sup>			

ВТ9												
t, °C	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [6]			Вид образца	Термообработка							
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	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 <sup>2</sup> [6]			Результат испытания	Сортамент	Термообработка						
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	$N \cdot 10^{-4}$									
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 <sup>2</sup> [6]					Термообработка						
	$\sigma_{-1}$	$\sigma_{-1}^H$	$\sigma_{-1}/\sigma_{-1}^H$	$\tau_{-1}$	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 <sup>2</sup> [6]					Размеры образца, мм		Термообработка				
	$\sigma_{-1}$	$\sigma_{-1}^H$	$\sigma_{-1}/\sigma_{-1}^H$	$\tau_{-1}$	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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
	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			151–250	20	—	700	—	—	—	—
					500	—	700	—	—	—	—
	Отожженные			Ø <sub>нар</sub> 89	20	—	1050	10	18	30	—
					20	—	950	9	20	30	—
Отожженное				20	—	1050	10	30	30	269–363	
				20	—	1200	6	20	20	321–415	
Отожженное				20	—	1050	9	22	30	269–363	
				20	—	1200	6	20	20	321–415	
Отожженное			Масса, кг	20	—	1050	8	22	30	269–363	
				20	—	1050	8	20	30	269–363	
Отожженное			До 25	20	—	1030	8	18	25	269–363	
				20	—	1000	6	16	25	269–363	
Отожженное			25–50	20	—	700	—	—	—	—	
				20	—	700	—	—	—	—	
Отожженное			51–100	20	—	1000	6	16	25	269–363	
				20	—	700	—	—	—	—	
Отожженное			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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	т, ч								
[6, 42]	Нагрев Нагрев (отожженное состояние)			Пруток Ø 12	Без нагрева		—	1120	10	40	40	—		
					не менее		500	100	—	1150	9	35	38	—
					не менее		500	500	—	1200	8	25	25	—
					не менее		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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	не менее	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
[6]	Нагрев Нагрев	950–980, 1–4 ч	Воздух Воздух	Ø 10–50 Ø 51–60 Ø 65–100	Прутки (образцы продольные) <sup>1</sup>								
		530–580, 2–12 ч			—	1030	9	30	30	—	—		
					Прутки (образцы поперечные)								
					—	932	5	12	20	—	—		
					—	981	6	14	30	—	—		
					—	932	6	14	30	—	—		
					Прутки (образцы тангенциальные)								
					—	1000	7	16	30	—	—		
					Прутки (образцы продольные)								
					—	1180	6	20	20	—	—		
Закалка Старение	925 500–600, 1–6 ч	Вода Воздух	Ø 10–60										
Нагрев Нагрев	950–980, 1–4 ч 530–580, 2–12 ч	Воздух Воздух	Толщина До 100 101–150 151–250	Поковки и штамповки (образцы продольные) <sup>1</sup>									
				—	1030	9	25	30	—	—			
				Поковки и штамповки (образцы поперечные)									
				—	981	6	14	30	—	—			
				—	932	6	14	30	—	—			

<sup>1</sup> 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	$\sigma_{0,2}$ <sup>1</sup> , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ <sup>1</sup> , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{инт}$ <sup>1</sup> , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %	$\psi_{10}$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	не менее		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда													
[6]	Нагрев Нагрев	950–980, 1–4 ч	Воздух Воздух	20	950	1050	750	10	8	30	25	—	—			
		530–580, 2–12 ч		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	—	—		

<sup>1</sup> 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	$\tau$ , ч	Al	Mo	Si					
[6]	Нагрев Нагрев	950–980, 1–4 ч	Воздух Воздух	450	2000	4,20–8,20	1,50–4,00	0,10–0,50					
		530–580, 2–12 ч		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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HB	не менее или в пределах			
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда												
[42]	ПС			Образцы Ø 5	20	—	1130	14	42	—	—				
					– 70	—	1367	13	29	—	—				
				гладкие	– 196	—	1707	6	24	—	—				
									20	—	1700	—	—	—	
				Образцы с надрезом	– 70	—	1855	—	—	—	—				
					– 196	—	1975	—	—	—	—				

Механические свойства сплава при дополнительном отжиге готовых образцов													
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	не менее	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда										
[6]	Стандартный отжиг			Заготовки под образцы	1090	1140	16	46	45	—	—		
					1070	1150	16	48	40	—	—		
	Стандартный отжиг + отжиг	530, 2 ч	Воздух	Готовые образцы	1120	1170	16	51	39	—	—		
					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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[6]	Стандартный отжиг заготовок		Воздух	Пруток $\phi$ 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 $\phi$ 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	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Длительная прочность	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	$\tau$ , 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	—	—	—	—	—	—	—	

<sup>1</sup> Образец снят до разрушения.

Пределы малоциклового усталости при 20°C (прутки катаные)										
НД	Предел, Н/мм <sup>2</sup>	N	Состояние	Сечение, мм	Микроструктура	Термообработка				
[6]	278	10 <sup>4</sup>	Исходное	$\phi$ 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 <sup>2</sup> )				
	—	10 <sup>4</sup>		$\phi$ 16	Равноосная					
	342	10 <sup>4</sup>		$\phi$ 40	Игольчатая					
	310	10 <sup>4</sup>	После термической обработки в вакууме заготовок	$\phi$ 25	Равноосная					
	288	10 <sup>4</sup>		$\phi$ 16	Равноосная					
	362	10 <sup>4</sup>		$\phi$ 40	Игольчатая					
	276	10 <sup>4</sup>	После термической обработки в вакууме готовых образцов	$\phi$ 25	Равноосная					
	263	10 <sup>4</sup>		$\phi$ 16	Равноосная					
	350	10 <sup>4</sup>		$\phi$ 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	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч	$\delta$ , %	$\psi$ , %
[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 <sup>1</sup>	—	—
				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 <sup>1</sup>	—	—
					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				

<sup>1</sup> 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			$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , ч	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\tau$ , 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 <sup>1</sup>	—	—	—
					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				

<sup>1</sup> Образец снят до разрушения.

Релаксационная стойкость [42]								
Сечение, мм	t, °C	$\sigma_0$ , Н/мм <sup>2</sup>	Остаточное напряжение $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			
[42]	Отожженное			Прутоккатанный $\phi$ 10–60	500	60
				Прутоккованный $\phi$ 65–100	500	60
				Прутоккатанный $\phi$ 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 <sup>2</sup> , за время испытания, ч	Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
			1·10 <sup>2</sup>	0,2/10 <sup>2</sup>
[6]	Равноосная Корзиночного плетения Грубоигольчатая	500	570	300
		500	650	350
		500	600	350

Механические свойства сварных соединений из сплава									
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	Сварочный фактор		КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Свариваемые материалы
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			$\sigma_b^{св}/\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{100}^{св}/\sigma_{100}$ , Н/мм <sup>2</sup>		
[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 <sup>2</sup> [6]			
	$\sigma_{-1}$	$\sigma_{100}$	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
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/мм<sup>2</sup>.

Механические свойства сплава сварного соединения сплава (ЭЛС) после отжига											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСТ, Дж/см <sup>2</sup>	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 $\alpha$ + $\beta$ -области)		До 100
	1100–1020 – 900–950	Степень деформации за один нагрев 40–50% (деформация в $\alpha$ + $\beta$ -области) Степень деформации за один нагрев 40–60% (деформация в $\beta$ -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	—			

Марка сплава		Вид поставки									
ОТ4		Листы — АМТУ 475–3–67. Трубы — АМТУ 386–5–65. Деформируемые полуфабрикаты — ГОСТ 19807–91.									
Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19807–91											
С	Si	Mn	Al	Fe	Zr	N	H	O	Прочие	Ti	
0,10	0,12	0,80–2,00	3,50–5,00	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[41]	Полный отжиг	740–760	Воздух	—	20	—	686–882	15–40	—	49–127	—
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[81]	Полный отжиг	740–760	Воздух	До 100	20	—	—	38	53	—	—
					200	—	—	39	68	—	—
					250	—	—	41	69	—	—
					300	—	—	36	72	—	—
					350	—	—	35	74	—	—
					400	—	—	32	73	—	—
					450	—	—	31	74	—	—
					500	—	—	37	80	—	—
				550	—	—	45	66	—	—	
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[83]	Стандартный отжиг	—	—	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 допустимая температура применения для деталей АЭС 400°C (ПНАЭГ–7–008–89).											
Псевдоальфа–сплав (структура — $\alpha + \beta$ ).											
t, °C	Предел выносливости, Н/мм <sup>2</sup> [42]			Сортамент	t, °C	Характеристики трещиностойкости стали [42]			Сортамент		
	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N			$\sigma_n/\sigma_b$ (K <sub>r</sub> =2,6)	KCT, Дж/см <sup>2</sup>	K <sub>IC</sub> , кН/мм <sup>3/2</sup>			
20	420	—	10 <sup>7</sup>	Лист толщиной 1,0–2,0 мм	20	1,3	60	3,9	Лист толщиной 1,0–2,0 мм		
250	400	—	10 <sup>7</sup>								
300	380	—	10 <sup>7</sup>								
350	350	—	10 <sup>7</sup>								
400	260	—	10 <sup>7</sup>								
Пределы прочности и текучести сплава при различных температурах [6]				Пределы длительной прочности и ползучести							
t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	НД	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч			
–196	1030	1128					1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	2·10 <sup>3</sup>	0,2/10 <sup>2</sup>	0,2/(5·10 <sup>2</sup> )
–70	755	853	[81]	350	421	—	—	314	—		
20	588	686		400	382	—	—	196	—		
200–250	441	539	[6, 42]	250	540	510	510	461	—		
300–350	392	510		300	500	471	471	441	363		
400	373	490		350	490	451	451	324	—		
450	343	471		400	470	421	—	196	—		
500	294	431		450	—	—	—	49	—		
550	—	373									

ОТ4		Пределы длительной прочности и ползучести сплава (листы) [6]										
t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч						Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч					
	1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>3</sup>	2·10 <sup>3</sup>	5·10 <sup>3</sup>	1·10 <sup>4</sup>	2·10 <sup>4</sup>	0,2/10 <sup>2</sup>	0,2/(5·10 <sup>2</sup> )	0,2/10 <sup>3</sup>	0,2/(2·10 <sup>3</sup> )	0,2/(5·10 <sup>3</sup> )	
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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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			Плиты								
				12–20	—	686–883	8	20	—	—	—	
				21–60	—	686–883	7	20	—	—	—	
				Прутки (образцы продольные)								
	Отожженные			φ 10–60	—	686–883	12	30	40	—	206–285	
				φ 65–100	—	686–883	10 <sup>1</sup>	30 <sup>1</sup>	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 <sup>1</sup>	30 <sup>1</sup>	35	—	206–285	
				Штамповки и поковки (образцы поперечные)								
	101–250	—	637–883	8,5	20	35	—	206–285				
	Образцы горячепрессованные			Толщина стенки	Трубы бесшовные							
1,0–4,0				—	686–834	10	—	—	—	—		
Образцы горячепрессованные			Толщина стенки	Трубы прессованные								
			5,0–20,0	—	618–834	8	—	—	—	—		
Отожженные			Проволока									
			φ 1,0–1,4	—	≤ 834	7	—	—	—	—		
			φ 1,5–3,0	—	≤ 834	9	—	—	—	—		
Отожженные			φ 3,5–7,0	—	≤ 834	10,5	—	—	—	—		

<sup>1</sup> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>пл</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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		<b>Стойкость сплава в агрессивных средах:</b>										
Коррозионное растрескивание		в серноокислом травильном растворе (16% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; 2% NaCl; 2% NaNO <sub>3</sub> ) при 80°C скорость коррозии 0,06 мм/год, в солянокислом травильном растворе (20% HCl; 3% FeCl <sub>2</sub> ) 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 <sub>выт</sub>	K <sub>отб</sub>	K <sub>выд</sub> , %	R <sub>мин</sub> , 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				
<b>Механические свойства</b>												
<b>Режимы термической обработки сплава</b>												
НД	Сортамент		Операция		t, °C	Выдержка, ч		Охлаждающая среда				
[42]	Лист		Отжиг		590-640	—		—				
	Пруток, поковка штамповка		Отжиг		690-740	—		—				
			Неполный отжиг		480-520	—		—				
<b>Назначение.</b> 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.												
<b>Гарантированные механические свойства</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			не менее или в пределах						
[42]	Отожженные			Лист	20	450	500-650	20	45	—	—	—
<b>Гарантированные механические свойства поковок и штамповок из сплава</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		не менее или в пределах							
[42]	Отожженные			Толщина	Поковки и штамповки (образцы продольные) <sup>1</sup>							
				До 100	—	490-637	20	45	70	—	4,2-4,8	
				101-150	—	441-637	17	30	50	—	4,2-4,8	
<b>Гарантированные механические свойства листов</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Угол загиба, град. (R=s)	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		не менее или в пределах							
[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	—	
<b>Гарантированные механические свойства прутков</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		не менее или в пределах							
[42]	Отожженные			φ 10-60 φ 65-100 <sup>1</sup> φ 65-100 <sup>2</sup>	Прутки (образцы продольные) <sup>1</sup>							
					—	490-637	20	45	70	—	4,2-4,8	
					—	490-637	20	45	70	—	4,2-4,8	
				φ 101-150 φ 101-150 φ 140-250 φ 140-250	Прутки (образцы поперечные)							
					—	441-637	17	30	50	—	4,2-4,8	
					—	441	10	25	40	—	—	
					—	441-637	17	30	50	—	4,2-4,8	
Прутки (образцы тангенциальные)												
—	441-637	17	35	60	—	4,2-4,8						
<sup>1</sup> 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.												
<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	не менее или в пределах			
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда												
[42]	Отожженные			Толщина стенки 0,5–2,0 1,0–4,0	Трубы бесшовные										
					—	490–637	18	—	—	—	—	—			
	Горячепрессованные			1,5–2,0	Трубы сварные										
					—	490–637	15	—	—	—	—	—			
Горячепрессованные			5,0–20,0	Трубы прессованные											
				—	421–637	12	—	—	—	—	—				
Механические свойства сплава при различных температурах															
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{пл}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB	не менее	
	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 <sup>2</sup> [42]				Характеристики трещиностойкости листов (s=1 мм) [42]				Пределы длительной прочности и ползучести листов (s=1 мм) [42]							
t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	t, °C	$\sigma_b^H/\sigma_b$ (K <sub>t</sub> =2,6)	КСТ, Дж/см <sup>2</sup>	N·10 <sup>3</sup> (МЦУ) ( $\sigma_{max}=0,7\cdot\sigma_b$ ) (K <sub>t</sub> =2,6)	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч				
20	300	—	10 <sup>3</sup>	20	1,40	0,70	9,6	250	350		0,2/10 <sup>2</sup>				
250	280	—	10 <sup>3</sup>					350	320		300				
350	250	—	10 <sup>3</sup>					400	280		260				
400	220	—	10 <sup>3</sup>							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 <sub>выт</sub>		K <sub>отб</sub>		K <sub>выд</sub> , %		R <sub>мин</sub> , 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 <sub>исп</sub> , °C	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	Угол загиба, град. (R=s)	$\sigma_{-1}$ , Н/мм <sup>2</sup>	N	HB	в пределах			
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда												
[42]	Без термообработки			Без присадки	Толщина 1,5–3,0	20	490–635	100–130		215	10 <sup>7</sup>	—			
						300	295–365	—		185	10 <sup>7</sup>	—			
						400	245–295	—		—	—	—			

<b>Марка сплава</b>		<b>Вид поставки</b>								
<b>ОТ4-1</b>		Листы — АМТУ 475–2–67. Трубы — АМТУ 386–4–65. Деформируемые полуфабрикаты — ГОСТ 19807–91.								
<b>Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 19807–91</b>										
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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[41]	Полный отжиг <sup>1</sup>	740–760	Воздух	До 60	20	—	588–735	20–40	—	49–98	—

<sup>1</sup> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[81]	Полный отжиг	740–760	Воздух	До 60	20	461–637	588–735	20–40 <sup>2</sup>	—	49–98	210–250
					350	245–412	323–470	13–25 <sup>2</sup>	—	—	—
					400	235–382	304–441	12–25 <sup>2</sup>	—	—	—
					450	—	294–421	15–35 <sup>2</sup>	—	—	—

<sup>2</sup> Относительное удлинение ( $\delta$ ) в % при  $l = 5,65 \sqrt{F_0}$ .

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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

**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 <sup>2</sup> [81]				Термообработка	Пределы длительной прочности и ползучести [81]	
					t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч
t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N		50	0,2/50
20	333–392	—	10 <sup>7</sup>	ПС	294–392	176–245

ОТ4-1		Гарантируемые механические свойства										
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	
				0,5–1,8	—	588–735	25	—	—	80	—	
				2,0–6,0	—	588–735	20	—	—	80	—	
				6,5–10,0	—	588–735	20	—	—	80	—	
	В состоянии поставки			Плиты								
				12–20	—	588–735	10	21	—	—	—	
				21–60	—	588–735	9	21	—	—	—	
	Отжиг	740–790	Воздух	ø 10–60	Прутки (образцы продольные)							
					—	588–735	15	35	45	—	197–255	
				ø 65–100	—	588–735	15	35	45	—	197–255	
					Прутки (образцы поперечные)							
				ø 140–150	—	539–735	12	23	40	—	197–255	
					ø 151–250	—	539–735	10	23	40	—	197–255
ø 100–150				—		539–735	12	23	40	—	197–255	
				Прутки (образцы тангенциальные)								
ø 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									
			ø 1,0–1,4	—	≤ 785	7,5	—	—	—	—		
				ø 1,5–3,0	—	≤ 785	9	—	—	—	—	
			ø 3,5–7,0		—	≤ 785	12	—	—	—	—	

## Механические свойства при различных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	—	—	—

OT4-1												
Предел выносливости листов (s=1 мм), Н/мм <sup>2</sup> [42]				Характеристики трещиностойкости листов (s=1 мм) [42]				Пределы длительной прочности и ползучести листов (s=1 мм) [42]				
t, °C	σ <sub>-1</sub>	τ <sub>-1</sub>	N	t, °C	σ <sub>в</sub> <sup>H</sup> /σ <sub>в</sub> (K <sub>t</sub> =2,6)	KCT, Дж/см <sup>2</sup>	N·10 <sup>3</sup> (МЦУ) (σ <sub>max</sub> =0,7·σ <sub>в</sub> ) (K <sub>t</sub> =2,6)	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч		Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч	
									1·10 <sup>2</sup>			0,2/10 <sup>2</sup>
20	360	—	10 <sup>3</sup>					300	440		290	
300	260	—	10 <sup>3</sup>	20	1,35	65	9,5	400	290		190	
400	200	—	10 <sup>3</sup>									
Коррозионная стойкость [81]												
Вид коррозии				Среда				t, °C	Длительность, ч		Балл стойкости	
Общая				Коррозионная стойкость аналогична сплаву BT1								
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 <sub>выт</sub>	K <sub>отб</sub>	K <sub>выдв</sub> , %	R <sub>min</sub> , 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						

<b>Марка сплава</b>		<b>Вид поставки</b>									
АТ-2		Листы — СТУ 559–6–69.									
<b>Массовая доля элементов, %, по ОСТ 1–90013–71</b>											
Al			Mo			Zr			Ti		
2,00			1,00			2,00			Основа		
<b>Механические свойства при комнатной температуре</b>											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	ККУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		не менее или в пределах						
[81]	Состояние листов			—	Листы						
	Отожженные				—	—	600–750	20	50	120	—
<b>Назначение.</b> 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 $\alpha+\beta$ ).											
<b>Коэффициент чувствительности к надрезу</b>						> 1,0					
<b>Технологические характеристики [29]</b>											
<b>Пластическая деформация</b>											
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.											
<b>Свариваемость</b>				<b>Обрабатываемость резанием</b>							
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.										
<b>Массовая доля элементов, %, по [28]</b>												
Al	Zr	V	C	Si	Fe	O	N	H	Суммарное содержание примесей	Ti		
0,20–0,70	—	—	—	—	—	—	—	—	≤ 0,83	Основа		
<b>Механические свойства</b>												
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>18</sup> нейтр/см <sup>2</sup> .												
<b>Назначение.</b> Используется в реакторных установках с водным теплоносителем в виде труб в малонагруженных конструкциях теплообменников, работающих при температуре до 150°C.												
Структура — немагнитная α-фаза.												
<b>Коррозионная стойкость [28]</b>												
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				350	80000	≤ 0,03 мг/(м <sup>2</sup> ·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	—											
<b>Технологические характеристики [28]</b>												
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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[28]	Состояние поставки			—	20	540	588	5	13	59	—	—
	Листы отожженные											
Сплав и его сварные соединения сохраняют необходимый уровень механических свойств после радиационного облучения потоком быстрых нейтронов при флюенсе до $5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-2}$ .												
<b>Назначение.</b> Сплав используется в виде листов, поковок, штамповок для изготовления различных деталей теплообменного оборудования, например, трубных досок.												
Максимальная допустимая температура применения 350°C.												
Структура — немагнитная $\alpha$ -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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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	$\leq 0,004$ мг/(м <sup>2</sup> ·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 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	—	—	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		

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>ПТ-7М</b>	<b>Листы — НД заводов. Трубы — НД заводов.</b>

**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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[28]	Состояние поставки			—	20	372	471	18	36	78	—	—
	Трубы горячедеформированные											

Сплав и его сварные соединения сохраняют необходимый уровень механических свойств после радиационного облучения потоком быстрых нейтронов при флюенсе до  $5 \cdot 10^{18}$  нейтр/см<sup>2</sup>.

**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/мм<sup>2</sup>.

Структура — немагнитная  $\alpha$ -фаза.

**Гарантируемые механические свойства**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[42]	Состояние			—	не менее или в пределах						
	Отожженное				Листы						
	Отожженное				1,0–2,0	450	500–650	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{пл}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[42]	Состояние			—	не менее или в пределах							
	Отожженное				Трубы холоднодеформированные							
	Отожженное				ø 5–89 s 1,0–9,0	—	470–680	15	—	—	—	—

**Механические свойства при различных температурах**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{пл}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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										
Предел выносливости листов (s=1 мм), Н/мм <sup>2</sup> [42]				Характеристики трещиностойкости листов (s=1 мм) [42]				Пределы длительной прочности и ползучести листов (s=1 мм) [42]		
t, °C	$\sigma_{-1}$	$\tau_{-1}$	N	t, °C	$\sigma_b^H/\sigma_b$ (K <sub>t</sub> =2,6)	КСТ, Дж/см <sup>2</sup>	N·10 <sup>3</sup> (МЦУ) ( $\sigma_{max}=0,7\cdot\sigma_b$ ) (K <sub>t</sub> =2,6)	t, °C	Длительная прочность, Н/мм <sup>2</sup> , за время испытания, ч	Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при скорости деформации, %/ч
20	255	—	10 <sup>3</sup>	20	1,25	70	16	250	1·10 <sup>2</sup>	0,2/10 <sup>2</sup>
								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 <sup>2</sup> ·ч)
Точечная				
Коррозионное растрескивание				
Межкристаллитная				
Вид коррозии	Среда	t, °C	Длительность, ч	Скорость коррозии
Общая	Вода, пар	350	80000	≤ 0,05 мг/(м <sup>2</sup> ·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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Направление			
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда											
ТУ 001.392–2006	Трубы должны поставляться в рекристаллизованном состоянии			D <sub>n</sub> =9,10; D <sub>вн</sub> =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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда											
[87]	ПС			—	20	176–225	314–372	30–40	—	—	—	—		
					350	98–137	176–216	33–43	—	—	—	—		
<b>Назначение.</b> 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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>B</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	$\sigma$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\dot{\epsilon}$ , %/ч	НД	Среда	t, °C	$\sigma^1$ , Н/мм <sup>2</sup>	База испытаний, ч	Привес, мг/дм <sup>2</sup>				
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 <sup>2</sup>	—	—	4000	11,3			

$\sigma^1$  — 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 <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> .			
	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

<b>Марка сплава</b>	<b>Вид поставки</b>
<b>Н-2,5</b> (Zr+2,5%Nb, Э 125)	<b>Сортовой прокат</b> — ТУ 001.205–82, ТУ 95.241–78. <b>Листы</b> — ТУ 95.252–74. <b>Трубы</b> — 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 <sup>1</sup>	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

<sup>1</sup> Присутствие кислорода существенно упрочняет циркониевый сплав, содержание его выбирается в зависимости от назначения сплава.

**Механические свойства**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 допустимая температура применения для деталей АЭС 360°C (ПНАЭГ–7–008–89).

**Механические свойства**

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> (E > 1 МэВ)	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[86]	Отожженный			Исходное состояние	410	550	26	—	—	—	—
	Отожженный			3·10 <sup>20</sup>	750	850	8	—	—	—	—
	Охлажденный на воздухе с 1000°C			6·10 <sup>19</sup>	700	720	8	—	—	—	—
	Закалка в воду с 1000°C			6·10 <sup>19</sup>	970	1030	3	—	—	—	—
Пределы ползучести											
НД	Режим термообработки			t, °C	Ползучесть, Н/мм <sup>2</sup> , при остаточной деформации, %/ч						
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		42,2/10 <sup>4</sup>	5,2/10 <sup>5</sup>	5,1/10 <sup>5</sup>				
[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 <sup>1</sup> , Н/мм <sup>2</sup>	Плотность потока быстрых нейтронов, нейтр/см <sup>2</sup> ·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 <sup>12</sup>	6620	13·10 <sup>-7</sup>	14·10 <sup>-7</sup>	
	Холодная деформация на 11%				300	141	5,3·10 <sup>12</sup>	6250	4·10 <sup>-7</sup>	0,7·10 <sup>-7</sup>	
	Отжиг	580, 24 ч			350	141	5,3·10 <sup>12</sup>	5300	1,05·10 <sup>-7</sup>	0,2·10 <sup>-7</sup>	
σ <sup>1</sup> — 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 <sub>3</sub> 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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в*}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	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, $\delta$ 0,77	20	330	450	24	—	Продольное	
					350±5	150	270	21	—		
				$d_n$ 13,00, $d_{вн}$ 11,00, $\delta$ 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	—		
<b>Назначение.</b> 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 <sup>1/2</sup>			$L_{кр}^*$ , мм				
Горячее прессование + холодная деформация + отжиг 580°C				66			32				
* Определялась для условий 150°C, 10,7 Н/мм <sup>2</sup> , консервативная оценка по корреляционным формулам.											
Окисление циркониевого сплава в различных средах											
НД	Среда			t, °C	$\sigma^1$ , Н/мм <sup>2</sup>	База испытаний, ч		Привес, мг/дм <sup>2</sup>			
[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							

$\sigma^1$  — 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 $22 \text{ мг/дм}^2$ при испытании в течение 72 ч или не более $38 \text{ мг/дм}^2$ — 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]		
Хорошая свариваемость. Методы сварки и пайки: дуговая неплавящимся электродом, электронно-лучевая, диффузионная, контактно-стыковая, сопротивлением, сварка трением			Сплав хорошо обрабатывается резанием		

## ПРИЛОЖЕНИЯ

## 1. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Таблица 1. Коэффициент линейного расширения  $\alpha$ ,  $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$  [1, 36, 42]

Марка стали, сплава	Коэффициент линейного расширения $\alpha$ , $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ , 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 $\alpha$ , $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ , 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 $\alpha$ , $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ , 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 $\alpha$ , $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ , 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 (3И 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 $\alpha$ , $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ , 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 $\alpha$ , $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ , 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  $\lambda$ , Вт / (м · °С) [1, 36, 42]

Марка стали, сплава	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , 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 $\lambda$ , 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 $\lambda$ , 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 $\lambda$ , 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 $\lambda$ , 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 $\lambda$ , 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 $\lambda$ , 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 $\lambda$ , 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
XH65BMTIYOTЛ (ЭИ 893Л)	425	430	440	470	500	510	550	615	650	—	—
XH65KMBIYOTЛ (ЖС 6К)	380	400	420	445	470	485	515	560	610	660	—
XH65VKMBIYOTЛ (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 –  $0^\circ\text{C}$ . Для большинства остальных марок нижняя граница равна  $20^\circ\text{C}$ .

Таблица 4. Модуль нормальной упругости  $E$ ,  $\text{кН/мм}^2$  [1, 42]

Марка стали, сплава	Модуль нормальной упругости $E$ , $\text{кН/мм}^2$ , 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 <sup>2</sup> , 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	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10Х11Н20Т3Р (ЭИ 696)	160	—	—	—	140	135	132	115	113	90
10Х11Н23Т3МР (10Х12Н22Т3МР, ЭП 33, ЭИ 696М)	160	—	—	—	142	138	132	115	—	—

Продолжение таблицы 4

Марка стали, сплава	Модуль нормальной упругости E, кН/мм <sup>2</sup> , при температуре, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
18X12ВМБФР-Ш (ЭИ 993-Ш)	224	—	211	205	191	184	170	152	—	—
20X12ВНМФ (ЭП 428)	212	—	—	196	190	180	163	—	—	—
06X12НЗД	212	211	205	198	187	—	—	—	—	—
10X12НЗМ2ФА (Ш), 10X12НЗМ2ФА-А (Ш)	217	212	207	199	189	176	167	—	—	—
37X12Н8Г8МФБ (ЭИ 481)	171	—	157	147	140	133	126	115	—	—
08X13 (0X13, ЭИ 496)	217	212	206	198	189	180	—	—	—	—
12X13 (1X13)	217	212	206	198	189	180	—	—	—	—
20X13 (2X13)	218	214	208	200	189	181	169	—	—	—
30X13 (3X13)	216	212	206	196	187	177	166	—	—	—
40X13 (4X13)	214	208	202	194	185	173	160	—	—	—
12X13Г12АС2Н2 (ДИ 50)	188	—	185	—	159	—	142	—	—	—
10X13Г12БС2Н2Д2Б (ДИ 59)	195	192	185	177	166	160	150	141	137	—
03X13Н8Д2ТМ (ЭП 699)	195	191	187	182	171	—	—	—	—	—
08X14МФ	222	219	213	203	195	183	175	—	—	—
10X14Г14Н4Т (X14Г14Н3Т, ЭИ 711)	194	189	181	170	164	159	161	—	—	—
1X14Н14В2М (ЭИ 257)	198	—	—	—	—	168	160	—	—	—
45X14Н14В2М (ЭИ 69) [17]	212	200	194	185	176	169	160	152	144	—
09X14Н19В2БР (ЭИ 695Р) [5]	207	—	—	—	—	—	158	151	147	—
09X14Н19В2БР1 (ЭИ 726)	198	195	189	182	175	166	157	149	—	—
08X15Н2В4ТР (ЭП 164) [5]	223	215	209	200	191	182	173	165	156	—
07X16Н6 (X16Н6, ЭП 288)	199	—	—	—	—	—	—	—	—	—
08X16Н9М2 (X16Н9М2)	210	198	188	180	172	157	153	143	138	—
08X16Н13М2Б (ЭИ 405, ЭИ 680)	202	196	188	180	171	164	155	147	—	—
10X16Н14В2БР (1X16Н14В2БР, ЭП 17)	188	181	174	166	158	151	145	136	—	—
08X17Т (0X17Т, ЭИ 645)	206	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12X17 (X17, ЭЖ 17)	232	227	219	211	201	192	182	165	148	—
14X17Н2 (1X17Н2, ЭИ 268)	193	—	—	164	—	148	133	—	—	—
02X17Н11М2	200	—	—	—	170	—	150	—	135	—
08X17Н13М2Т (0X17Н13М2Т)	206	—	186	177	177	167	157	147	—	—
10X17Н13М2Т (X17Н13М2Т, ЭИ 448)	206	—	186	177	177	167	157	147	—	—
10X17Н13М3Т (X17Н13М3Т, ЭИ 432)	206	—	186	177	177	167	157	147	—	—
03X17Н14М3 (000X17Н13М2)	195	—	—	190	—	—	—	—	—	—
08X17Н15М3Т (ЭИ 580)	203	—	—	—	—	—	—	—	—	—
015X18М2Б-ВИ (ЭП 882-ВИ)	216	212	206	198	185	179	163	144	—	—
12X18Н9 (X18Н9)	199	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12X18Н9Т (X18Н9Т)	195	189	182	175	167	160	153	143	135	—
17X18Н9 (2X18Н9)	199	—	—	—	—	—	—	—	—	—
08X18Н10 (0X18Н10)	196	—	—	—	—	—	—	—	—	—
08X18Н10Т (0X18Н10Т, ЭИ 914) [4]	196	—	—	—	158	128	127	117	108	102
12X18Н10Т [4]	198	194	189	181	174	166	157	147	—	—
12X18Н12Т (X18Н12Т)	210	198	193	186	177	170	157	147	—	—
10X18Н18Ю4Д (ЭП 841)	186	182	178	171	165	161	156	146	138	127
36X18Н25С2 (4X18Н25С2, ЭЯ 3С)	200	—	—	191	186	178	171	162	154	147
01X19Ю3БЧ-ВИ (02X18Ю3Б-ВИ, ЭП 904-ВИ)	220	216	210	200	192	183	167	152	—	—

Продолжение таблицы 4

Марка стали, сплава	Модуль нормальной упругости E, кН/мм <sup>2</sup> , 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/мм<sup>2</sup> [1, 42]

Марка стали, сплава	Модуль упругости при кручении $G$ , кН/мм <sup>2</sup> , 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  $\gamma$ , кг/м<sup>3</sup> [1, 42]

Марка стали, сплава	Плотность $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup> , 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  $\rho$ , нОм·м [1, 42]

Марка стали, сплава	Удельное электрическое сопротивление $\rho$ , 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	—	—

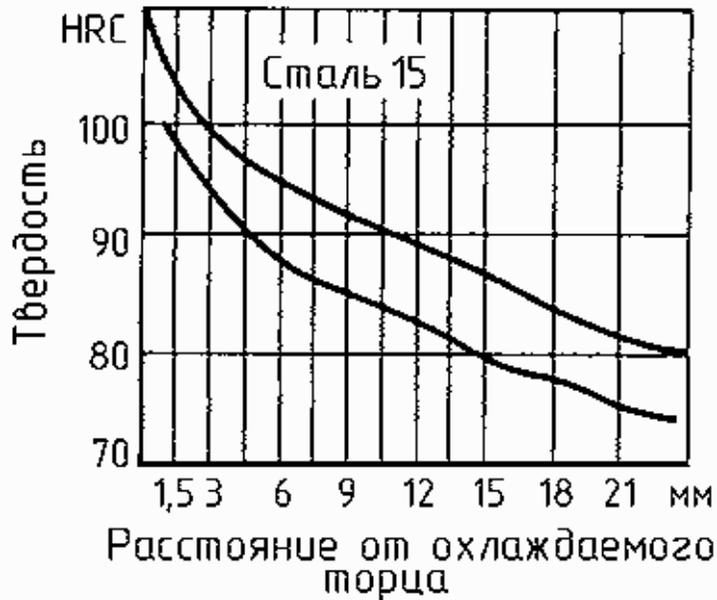
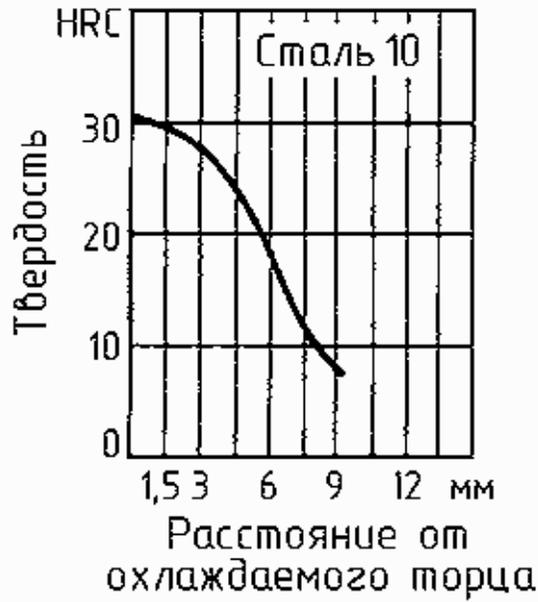
Продолжение таблицы 7

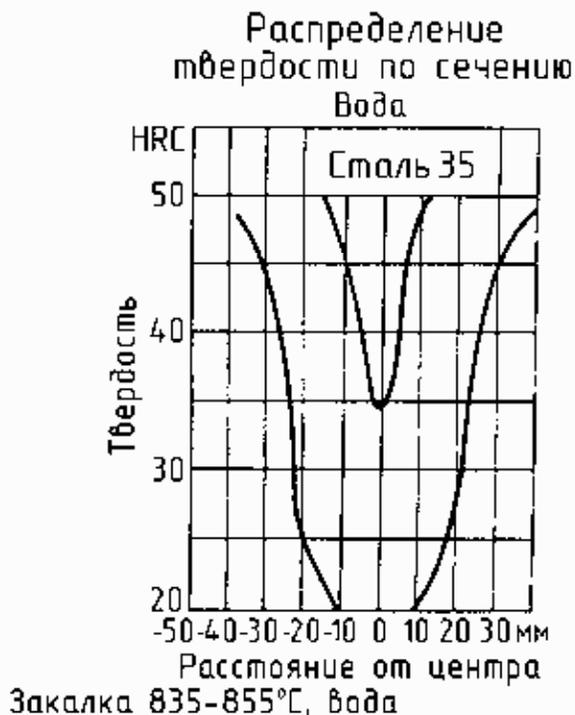
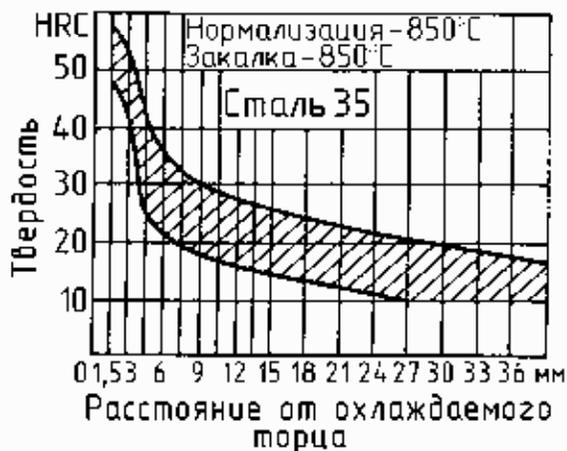
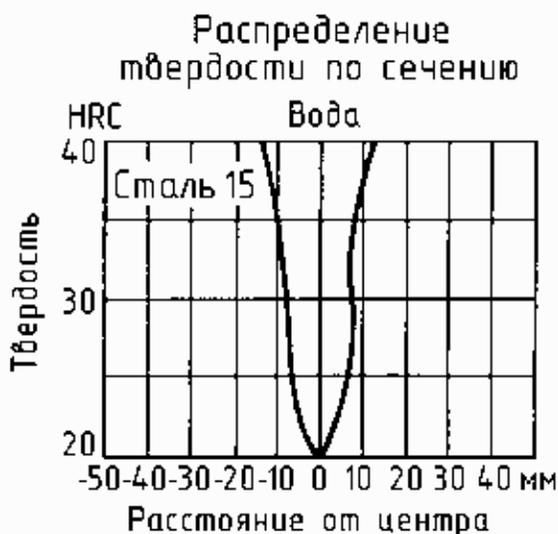
Марка стали, сплава	Удельное электрическое сопротивление $\rho$ , нОм·м, при температуре, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
40X13 (4X13)	—	786	830	890	950	998	1046	1122	—	—
08X14MФ	557	649	750	882	914	985	1056	—	—	—
1X14H14B2M (ЭИ 257)	—	830	890	950	1010	1050	1080	1130	—	—
45X14H14B2M (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 (1X16H14B2БР, ЭП 17)	—	833	925	961	990	1063	1086	—	—	—
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 (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
P6M5K5	458	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P9	380	417	505	600	695	790	900	1020	1160	1170
P18	419	472	544	627	718	815	922	1037	1152	1173

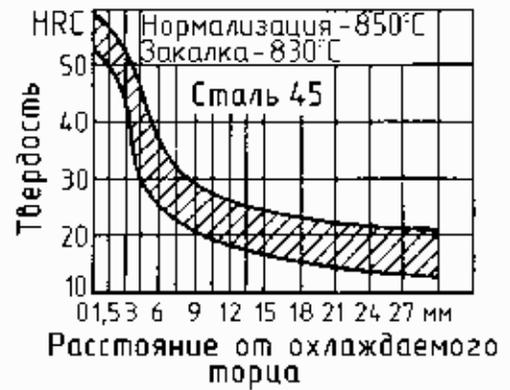
Продолжение таблицы 7

Марка стали, сплава	Удельное электрическое сопротивление $\rho$ , 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	—

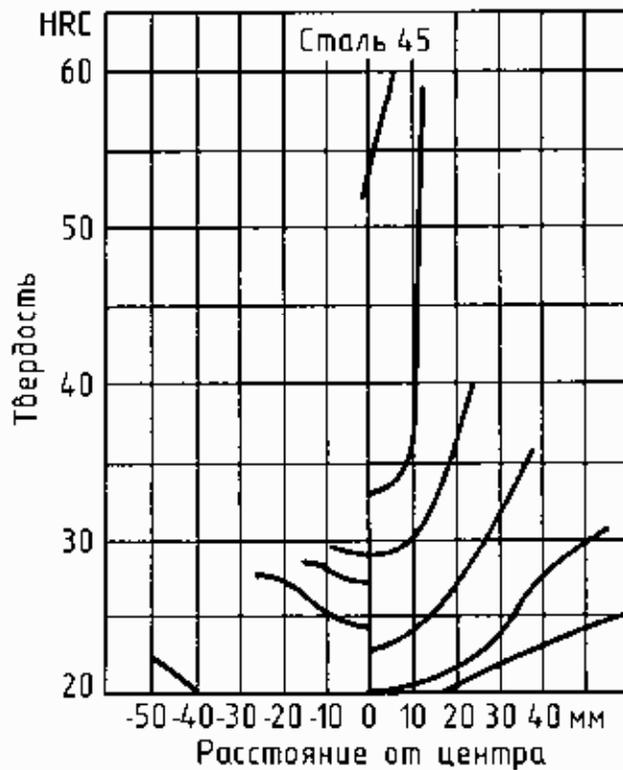
## 2. ПОЛОСЫ ПРОКАЛИВАЕМОСТИ



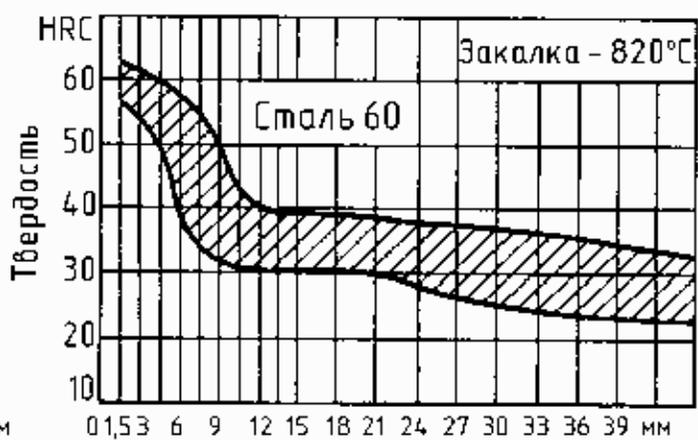
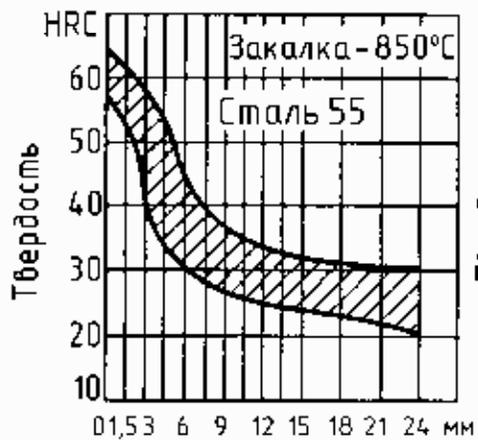
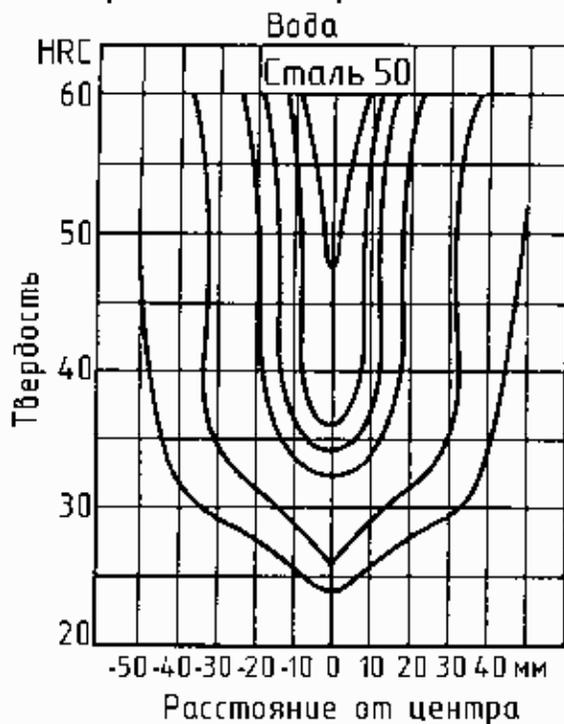
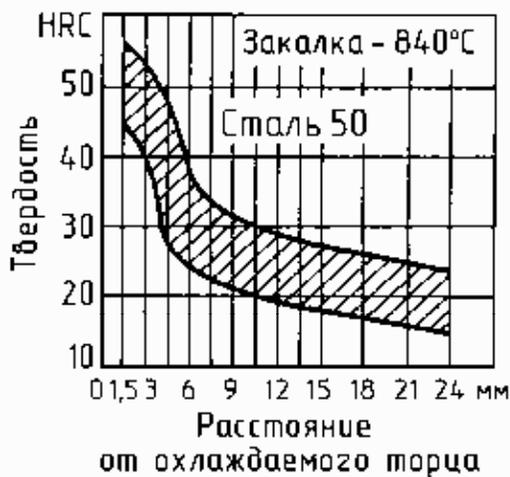




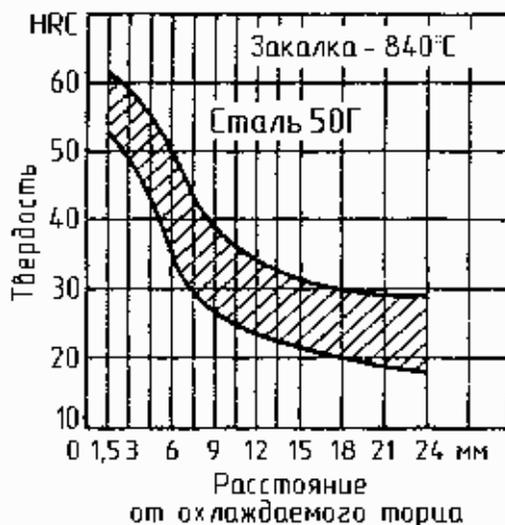
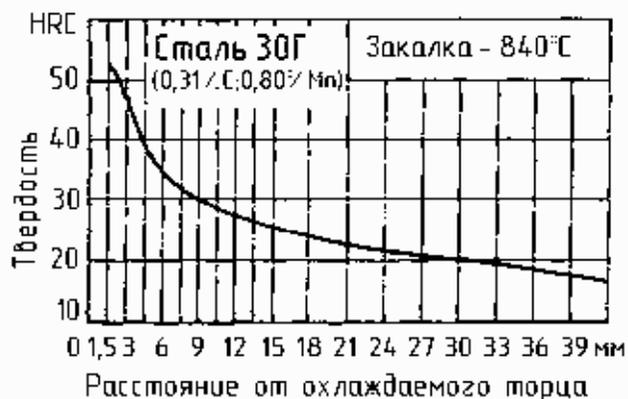
Распределение твердости по сечению  
Масло                      Вода

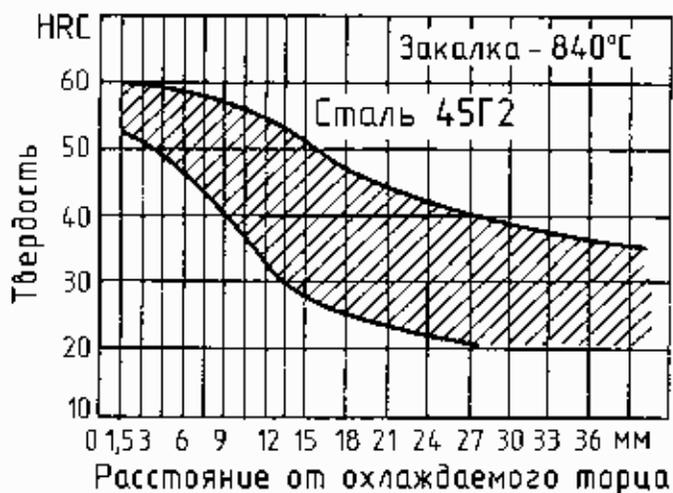
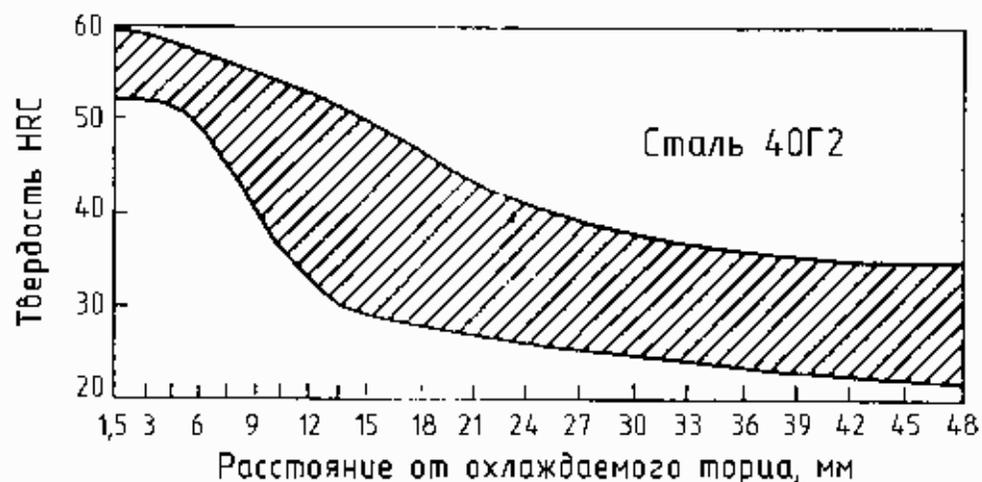


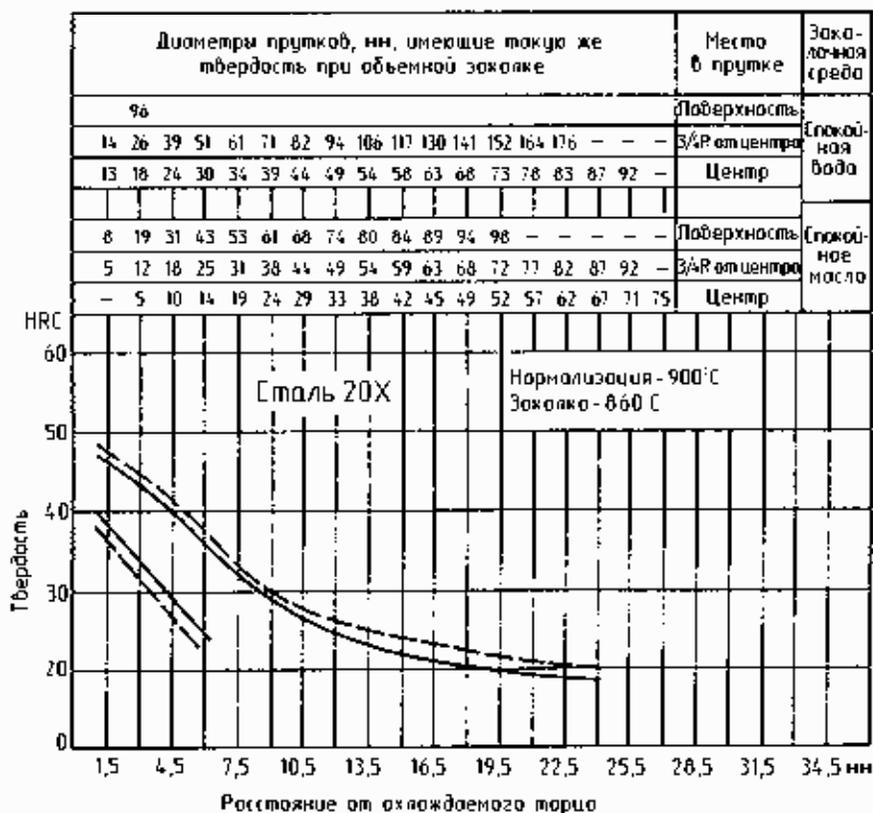
## Распределение твердости по сечению

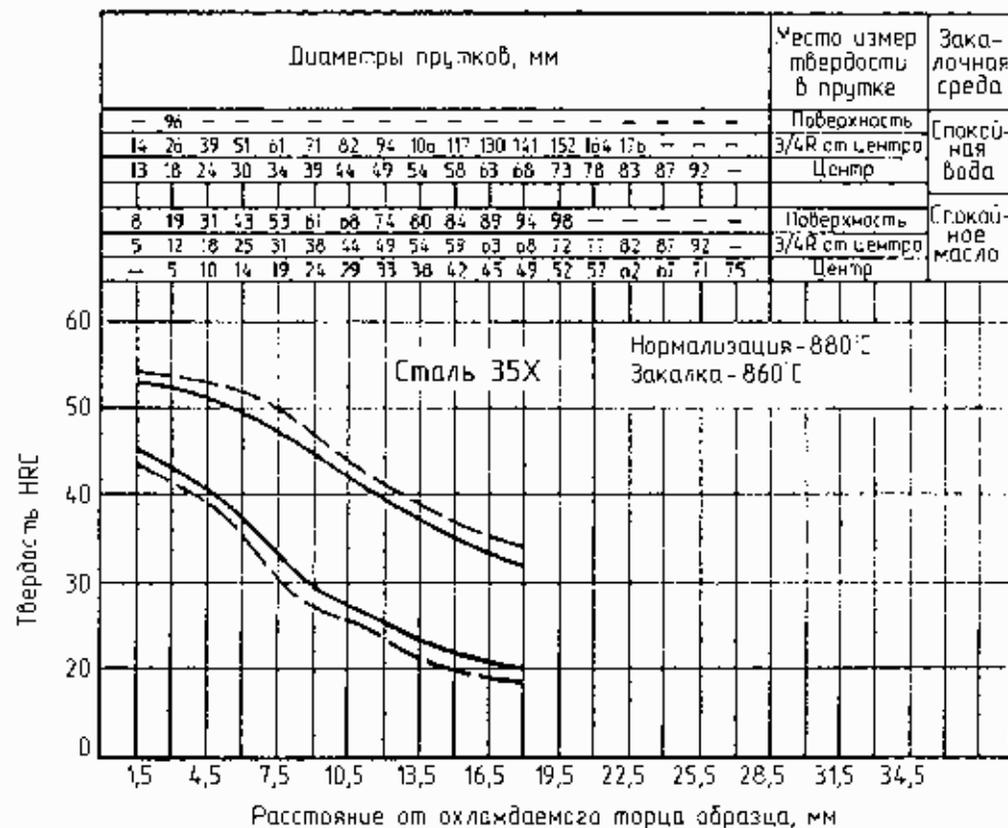
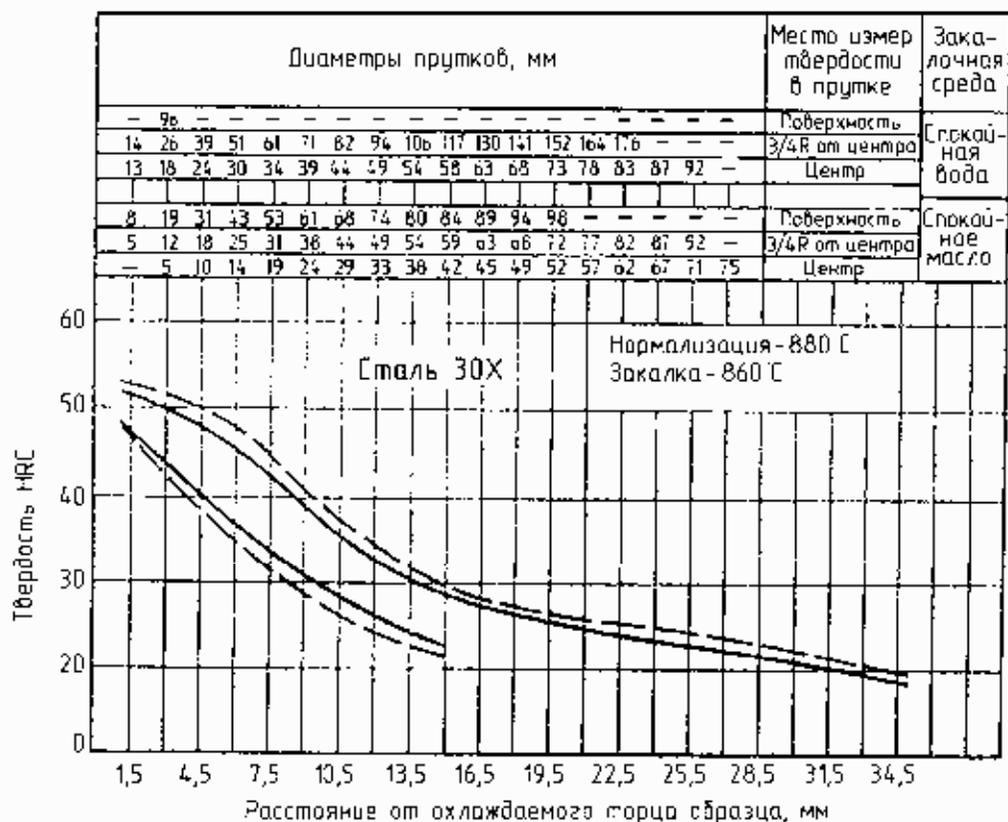


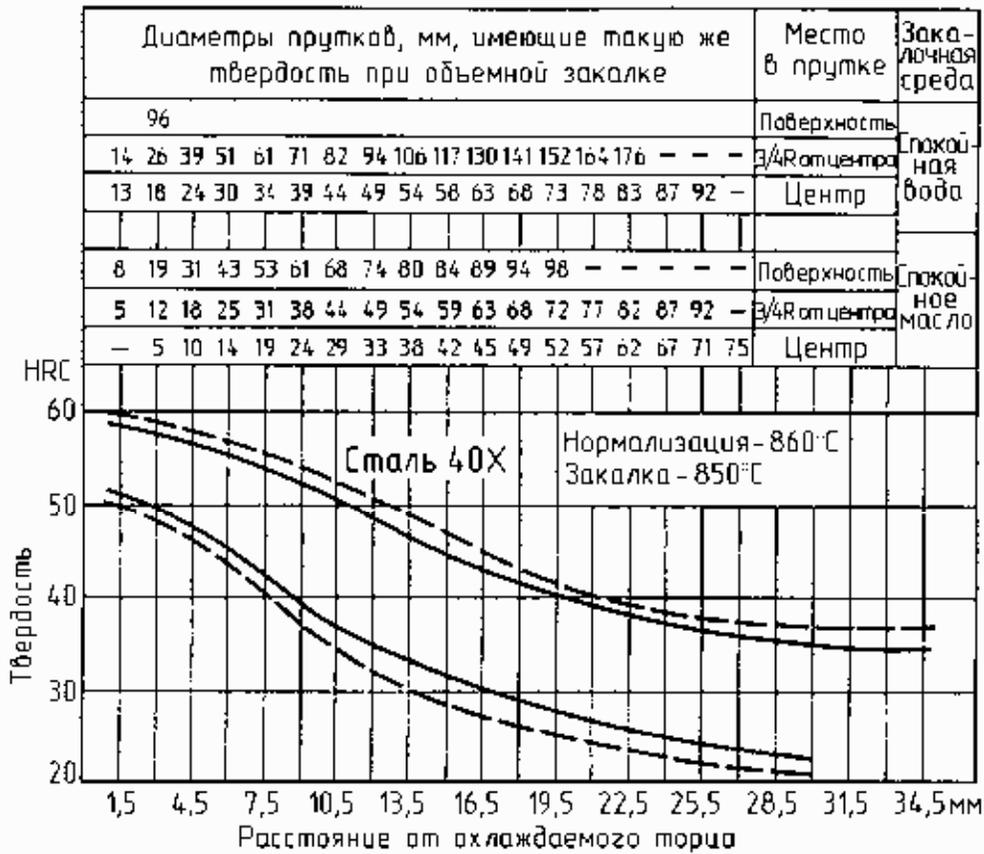
Расстояние от охлаждаемого торца



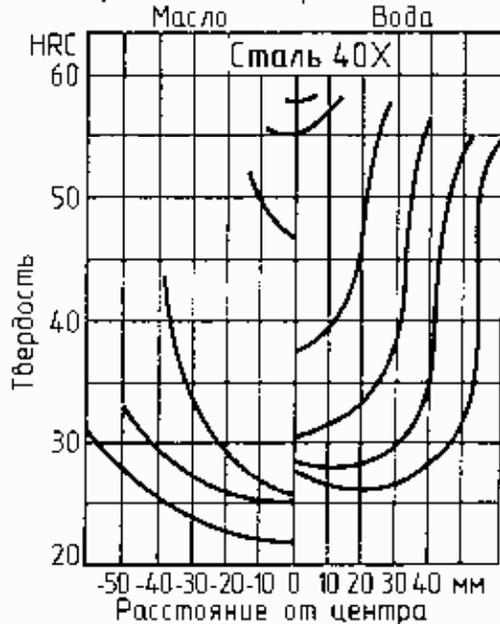




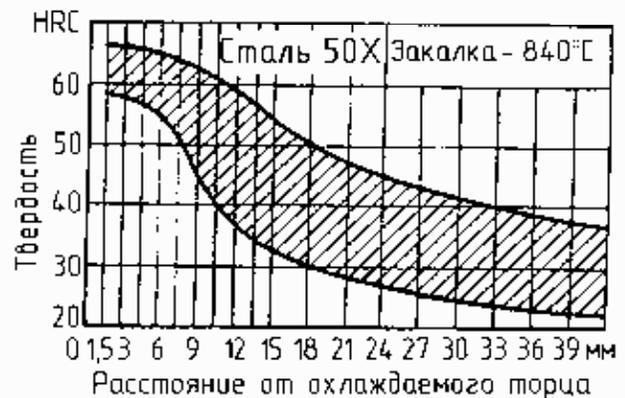


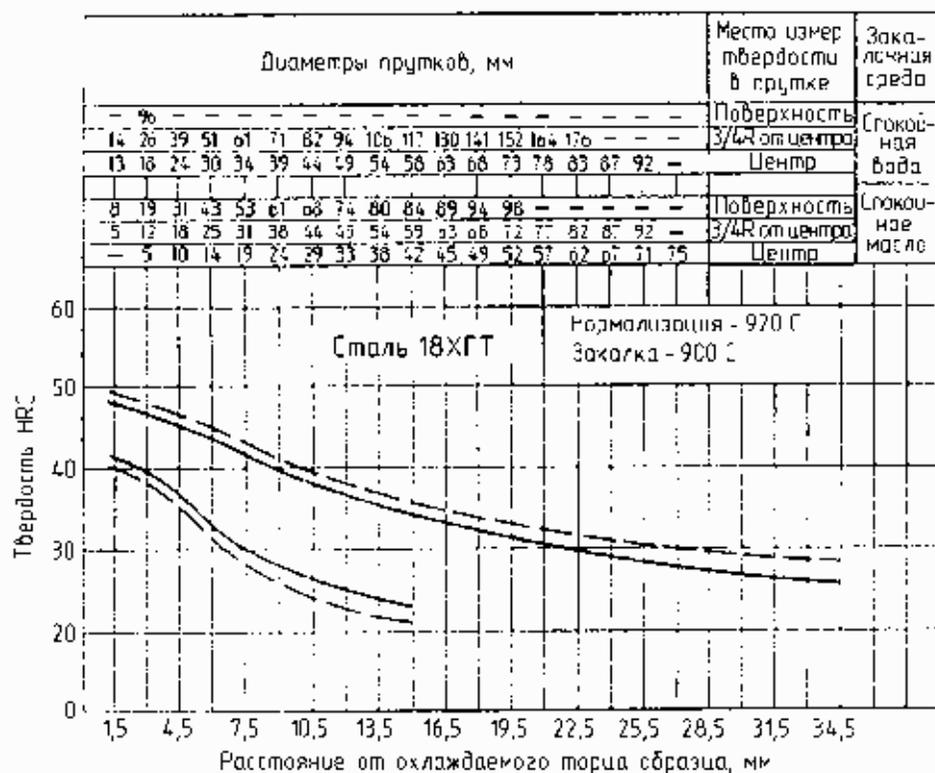
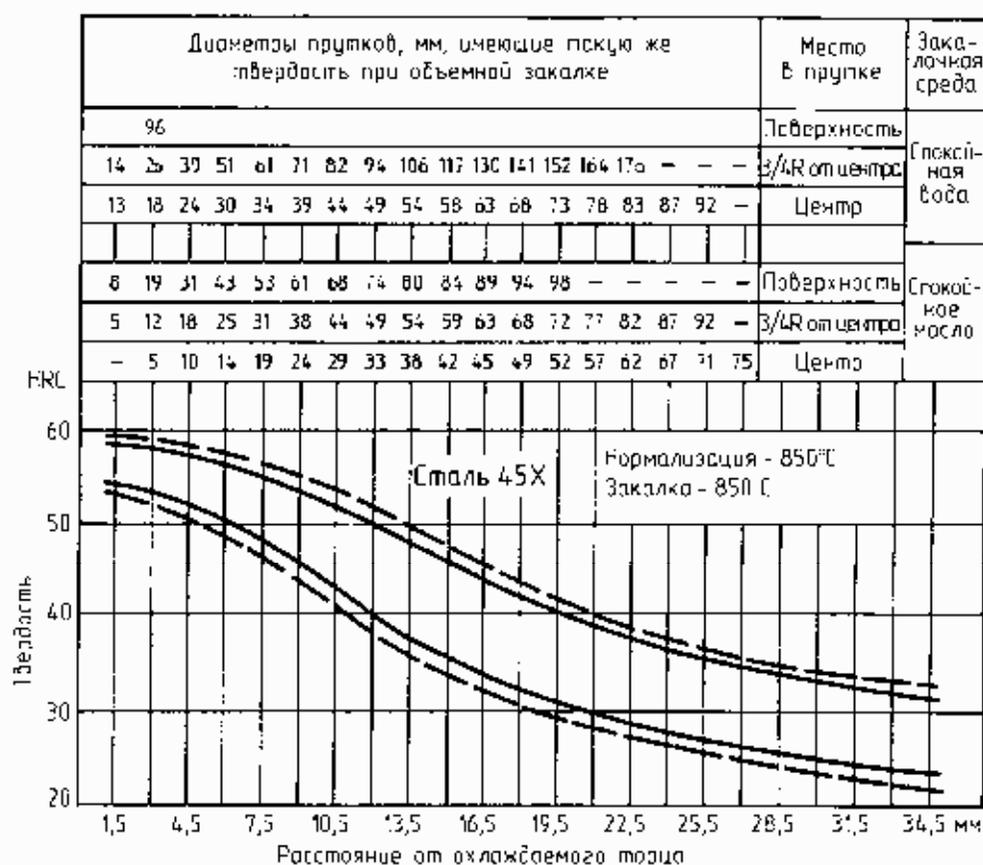


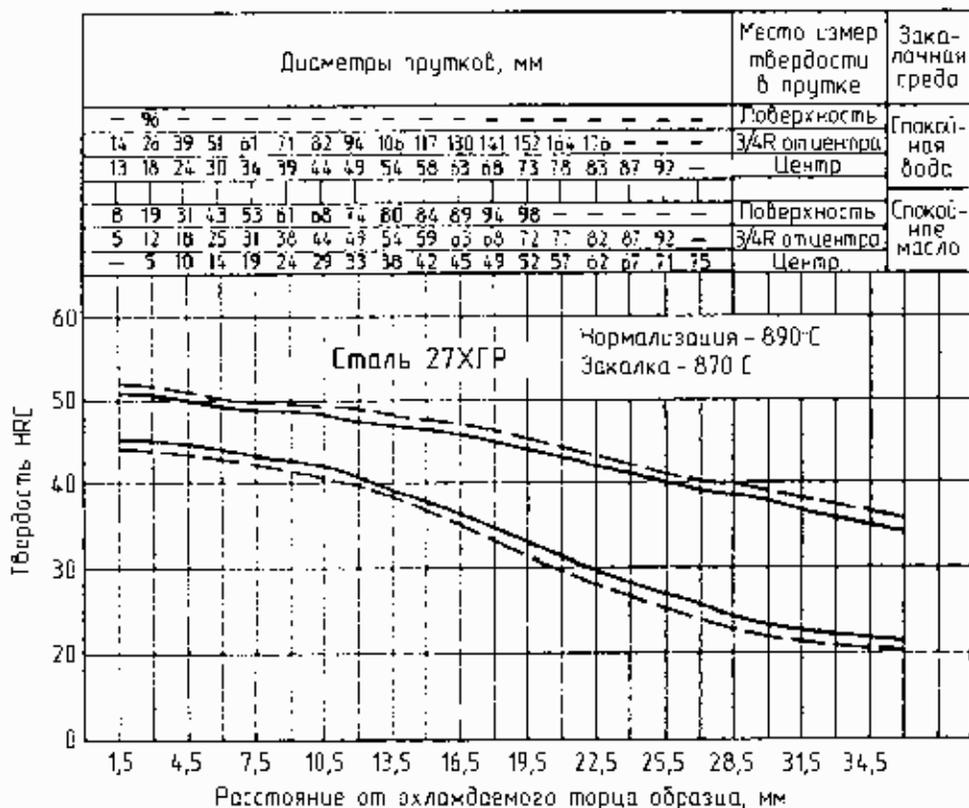
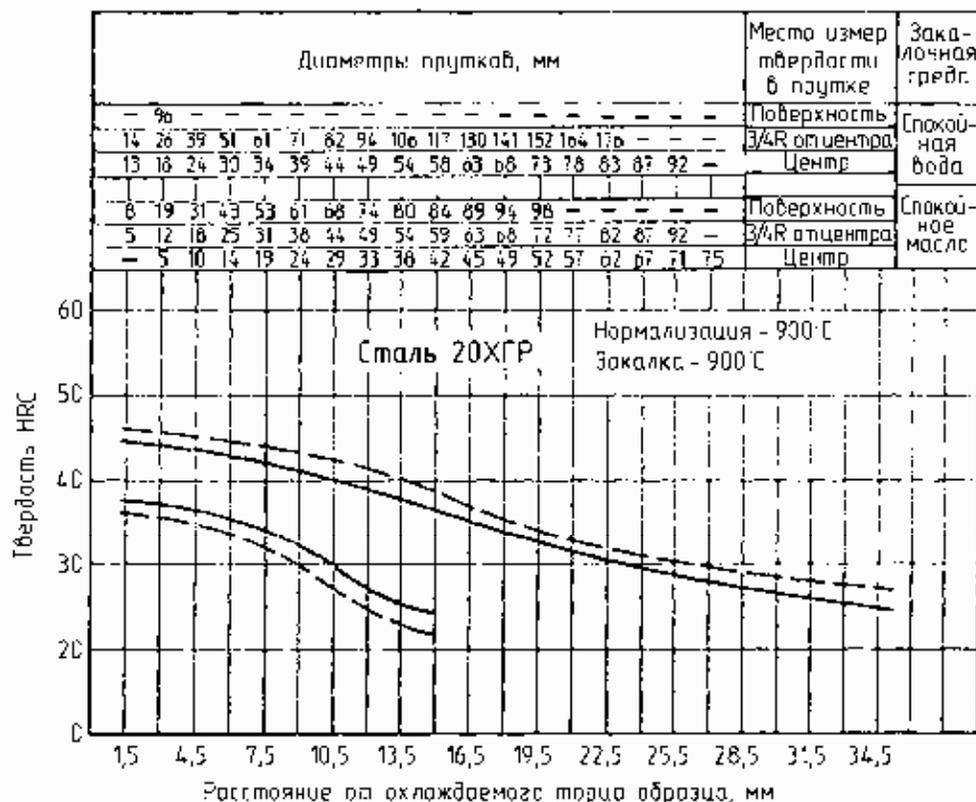
Распределение твердости по сечению

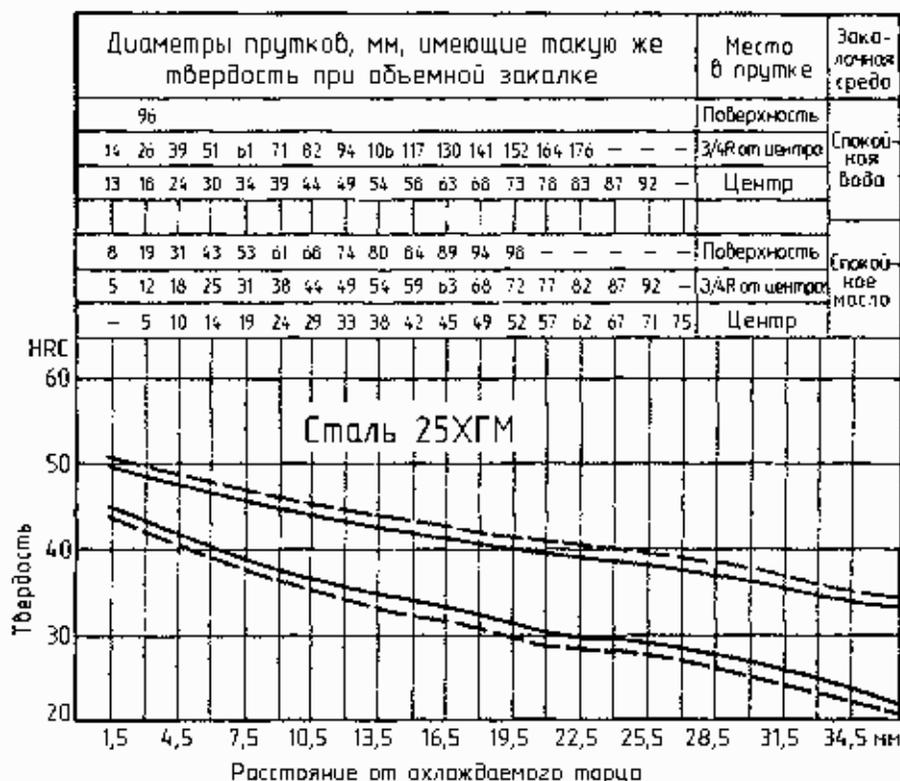
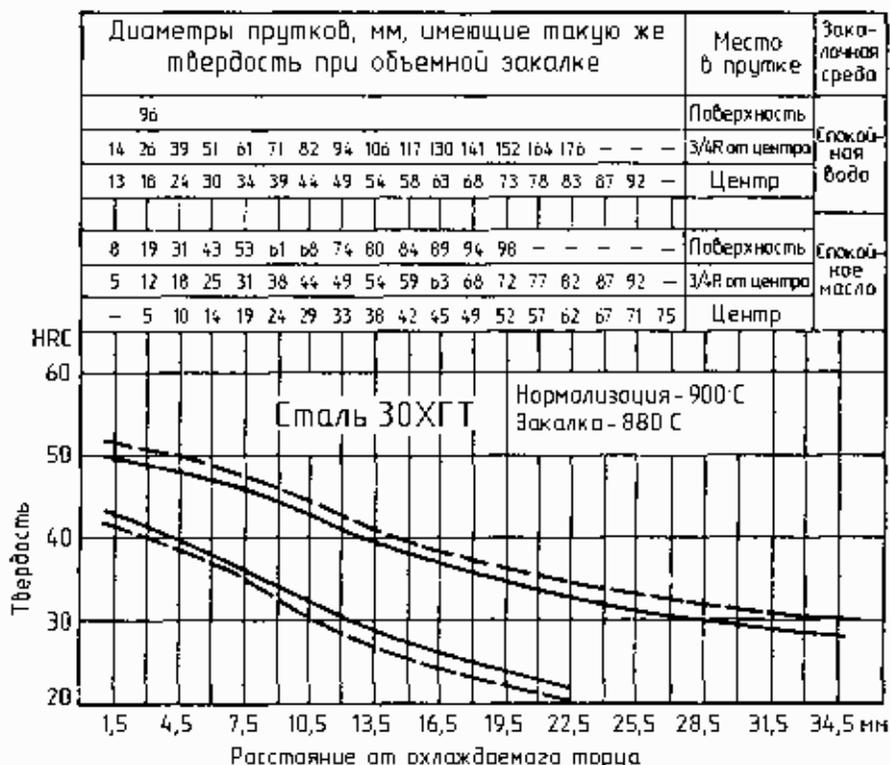


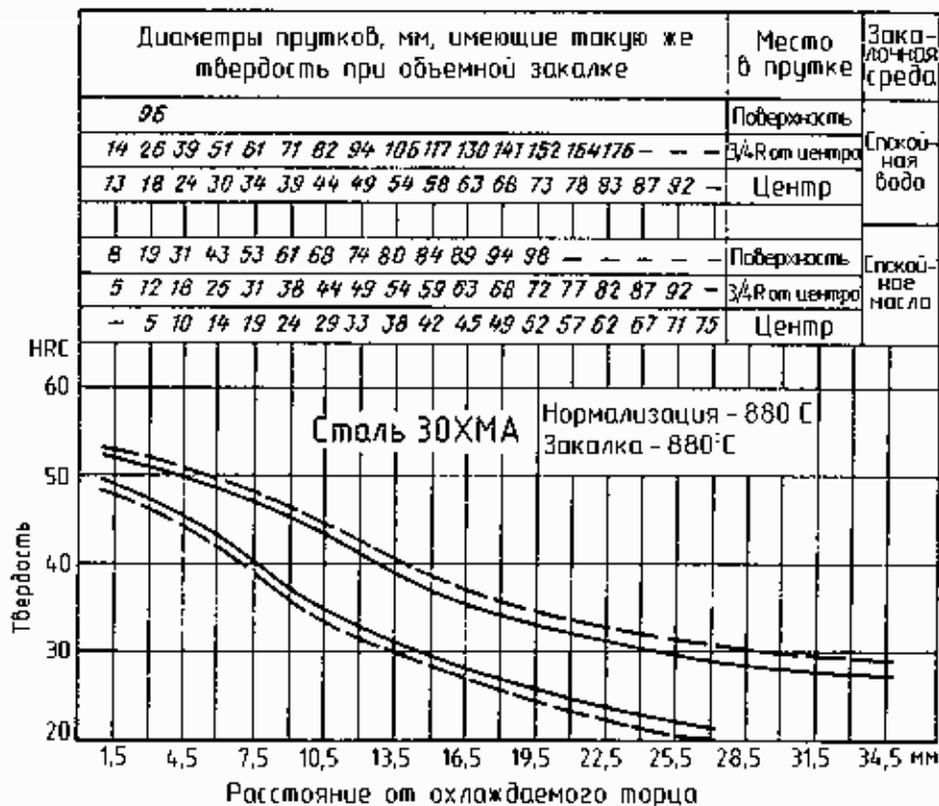
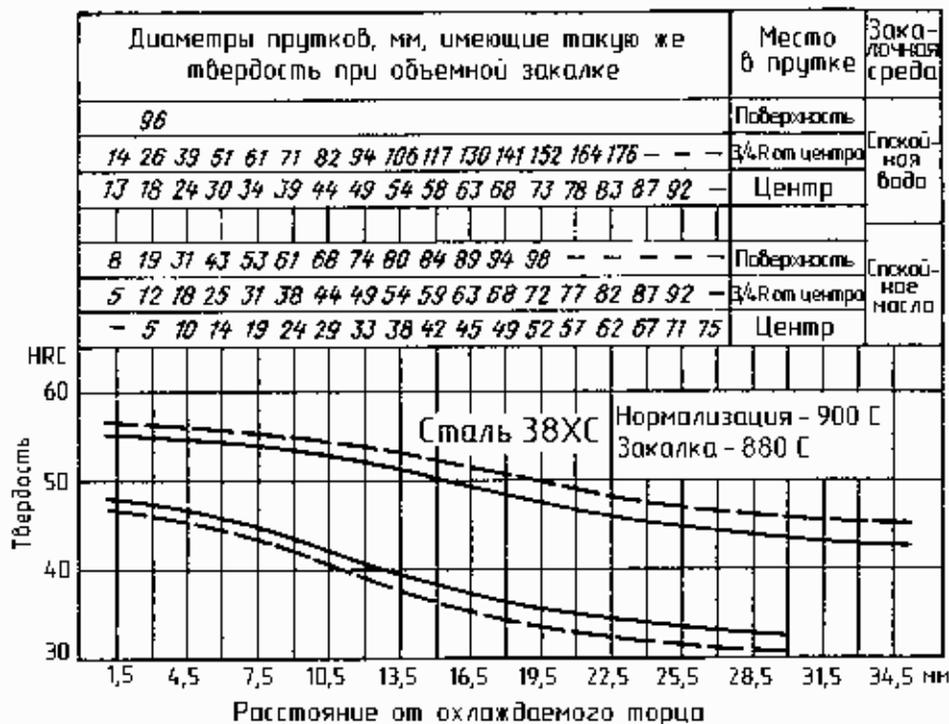
Закалка 840-850°C, масло

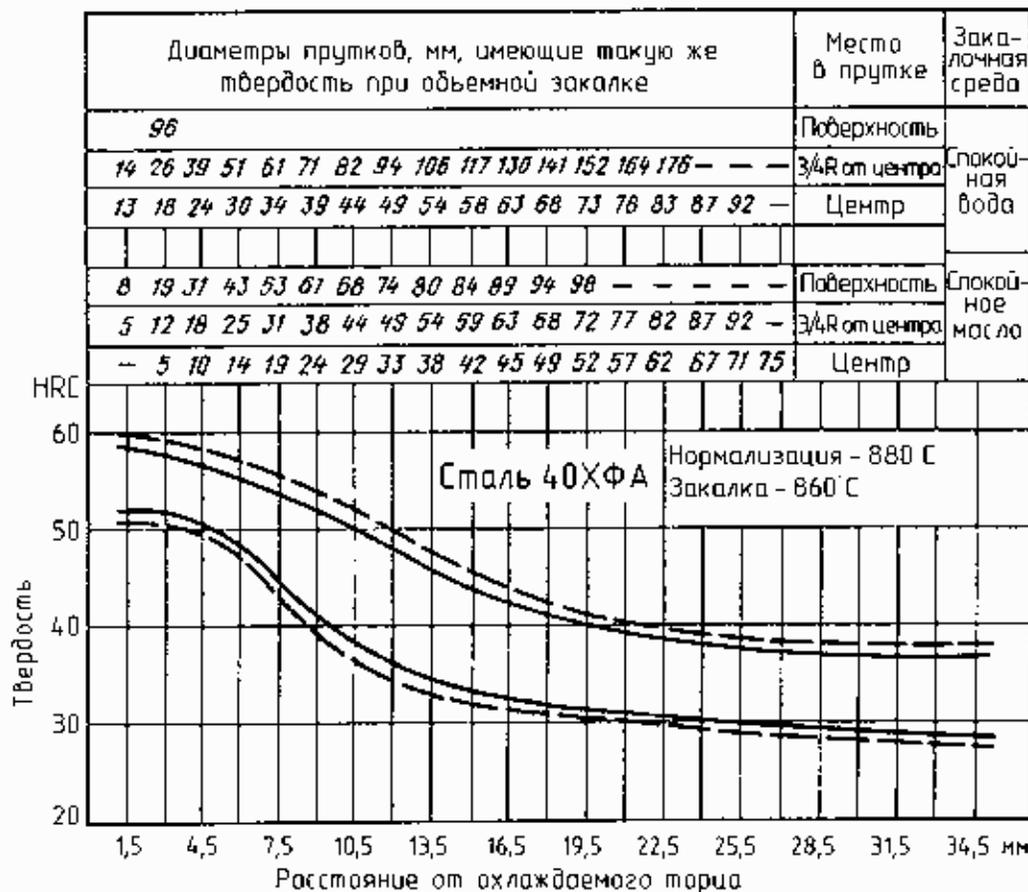
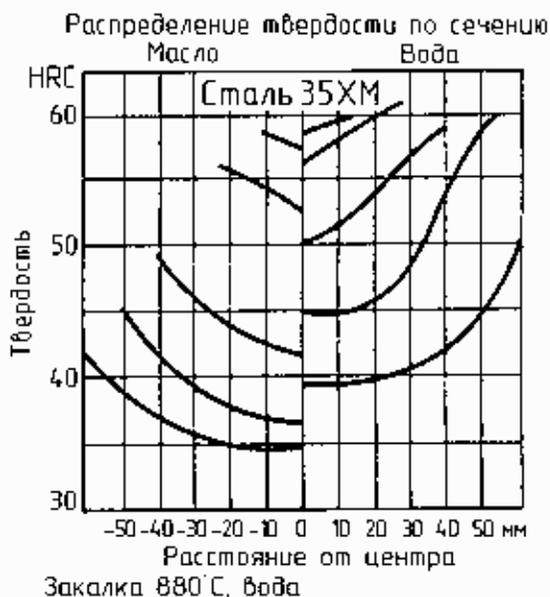


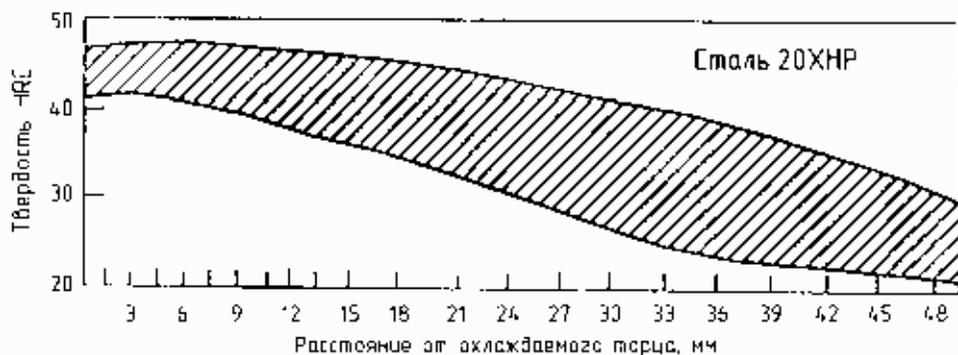
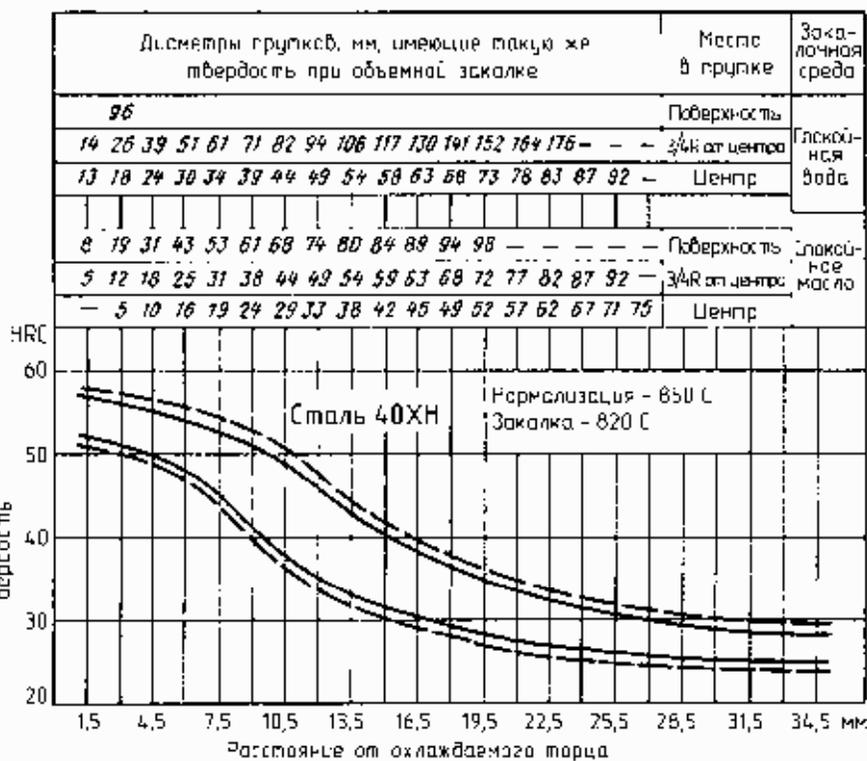
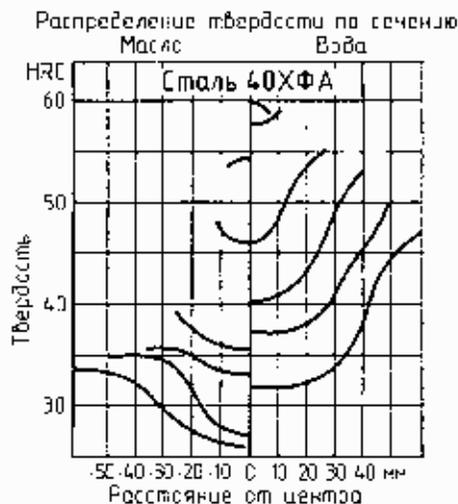


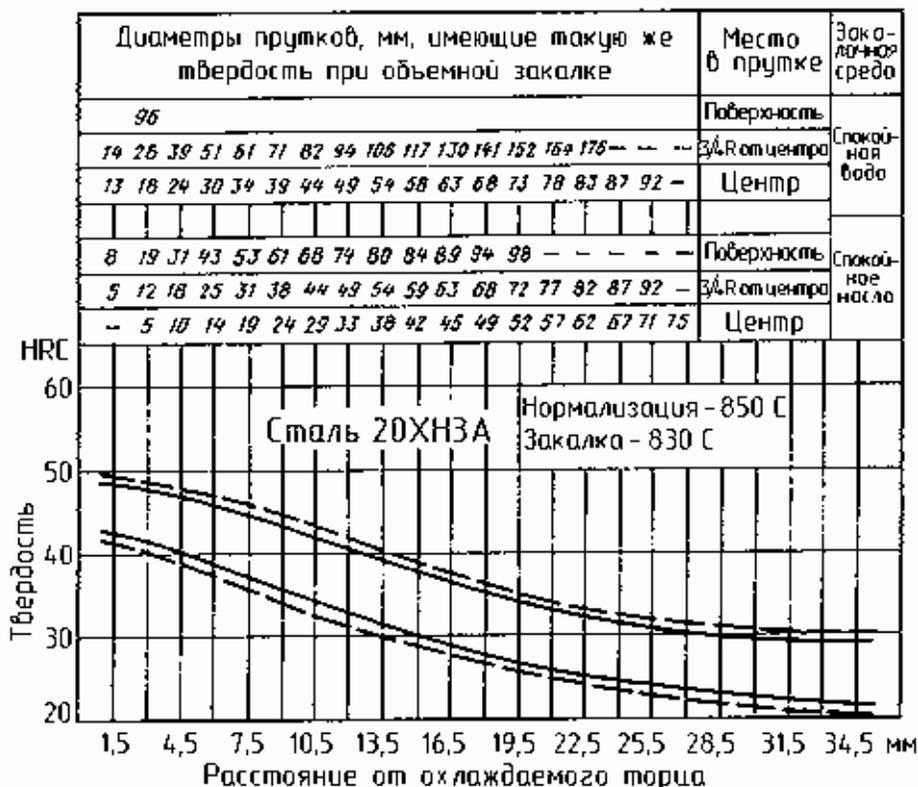
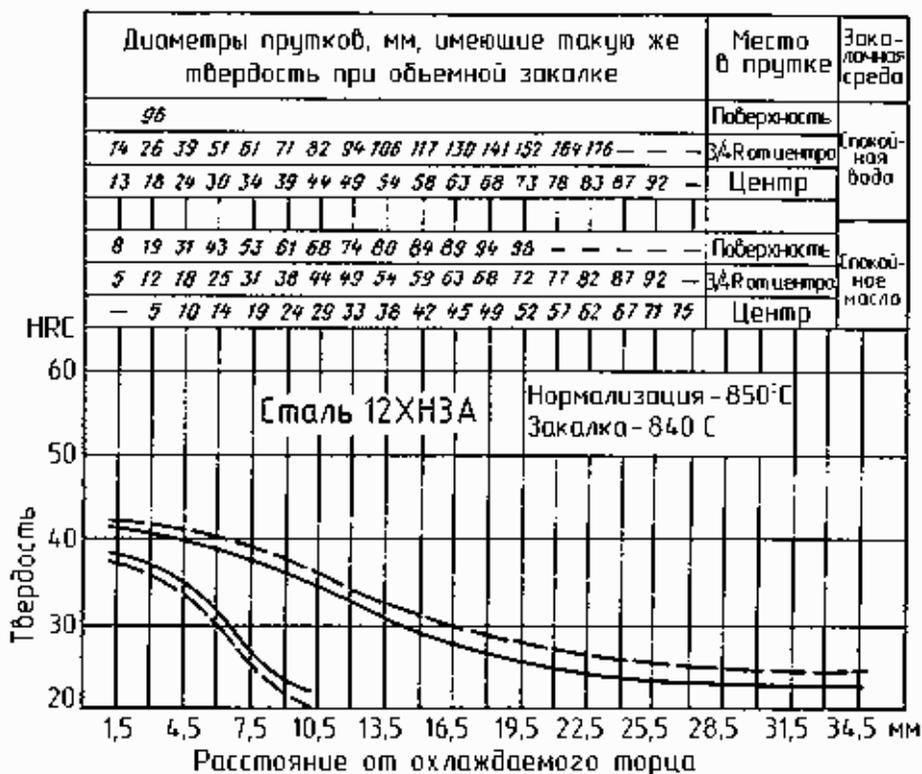








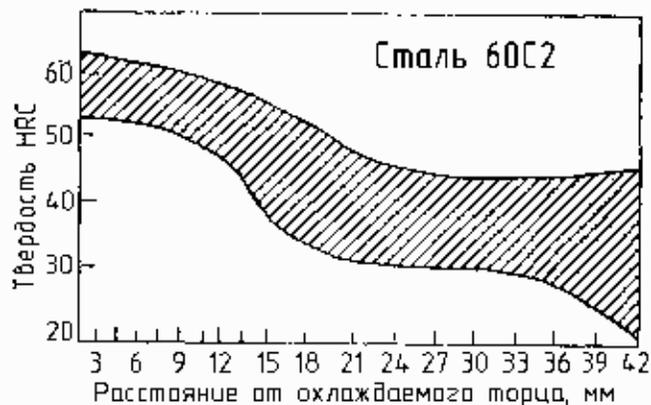
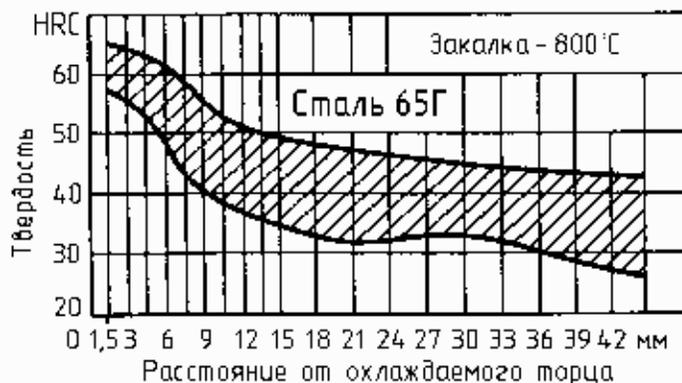


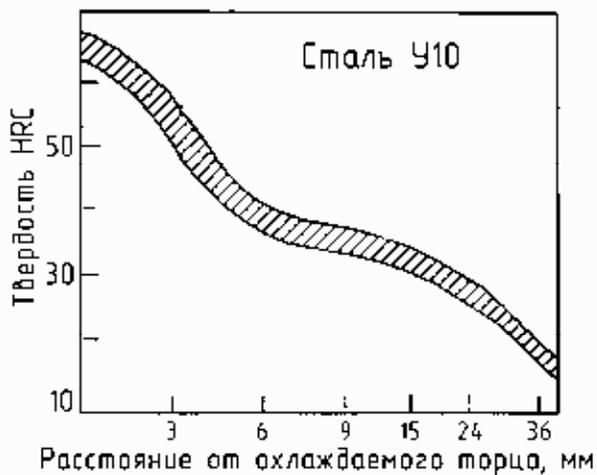
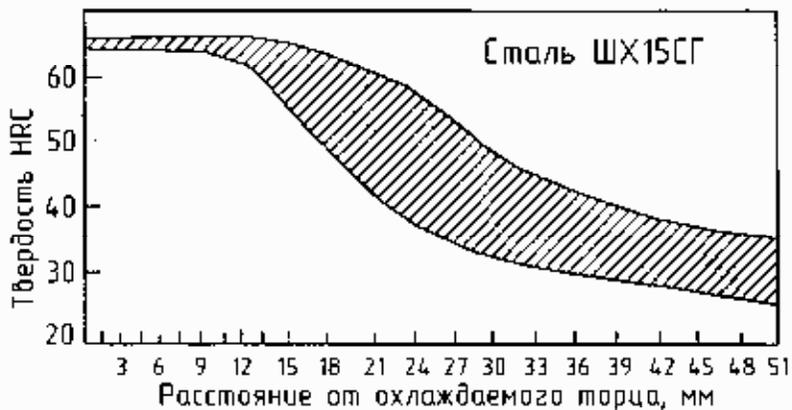
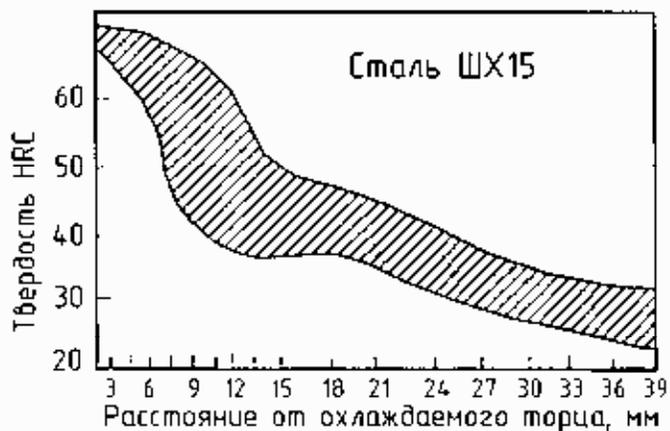






Кривая протвердеваемости стали  
(0,19%С; 0,36%Мп; 1,4%Cr; 4,15%Ni; 0,75%W; 0,10%Mo)





## 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТПУСКА [1]

Марка стали, сплава	$t_{\text{отп}}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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	$t_{отп},$ °C	$\sigma_{0,2},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость	Примечание
60	200	530	687	14	—	190,2	—	Нормализация или отжиг. 0,60% С; 0,60% Мн; $\sigma_B = 708$ Н/мм <sup>2</sup>
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость	Примечание	
14Г2	200	1220	1240	—	60	—	—	Закалка, охлаждение со скоростью 200°C/с. Выдержка при отпуске 1 ч. Стержень диаметром 19 мм	
	300	1260	1270		60				
	400	1150	1180		61				
	500	810	880		67				
	600	660	760		70				
	200	900	980	—	55	—	—		
	300	900	930		59				
	400	830	880		59				
	500	660	750		63				
	600	590	690		67				
35Г2	375	—	1370	9	44	10	НВ 402	Закалка 830°C, масло. Охлаждение после отпуска в масле. Пруток сечением 25 мм	
	450	950	1040	12	55	29	321		
	525	880	980	14	60	39	286		
	600	670	800	18	65	88	241		
		—	—	—	—	—	—		—
40Г2	250	1490	1760	(4)	19	10	НВ 500	Закалка 820°C, масло. Пруток сечением 28 мм	
	300	1470	1620	(6)	30	10	460		
	400	1270	1330	(10)	50	59	400		
	500	980	1080	(15)	60	127	340		
	600	780	850	(19)	62	176	250		
	375	—	1390	8	44	10	402		Закалка 830°C, масло. Охлаждение после отпуска в масле. Пруток сечением 25 мм
	450	950	1040	12	55	29	321		
	525	880	980	14	55	35	286		
	600	680	800	18	65	90	241		
		—	—	—	—	—	—		
30Х	300	540	900	11	53	20	—	Закалка 800°C, вода	
	400	560	860	13	54	39			
	500	440	690	18	70	39			
	600	490	670	17	74	54			
		—	—	—	—	—			—
40Х	200	1559	1765	8	35	29,4	НВ 552	Закалка 850°C, вода. Охлаждение после отпуска в воде	
	300	1393	1608	7,5	35	17,7	498		
	400	1177	1324	9	40	49,0	417		
	500	912	1147	11	49	75,5	326		
	600	726	863	14	60	147,1	265		
	700	579	736	18	70	196,1	226		
		—	—	—	—	—	—		—
33ХС	200	1610	1750	10	48	88	НВ 510	Закалка 900°C, масло. Отпуск 200–400°C, 2 ч, воздух. Закалка 900°C, масло. Отпуск 520–600°C, 2 ч, вода	
	320	1490	1640	10	49	78	470		
	400	1340	1470	10	52	59	430		
	520	1070	1180	14	59	88	350		
	600	900	1110	18	63	118	300		
		—	—	—	—	—	—		—

Продолжение таблицы

Марка стали, сплава	$t_{отп},$ °C	$\sigma_{0,2},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость	Примечание
<b>40ХС</b>	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	
<b>20ХГСА</b>	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	
<b>25ХГСА</b>	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	
<b>20ХГР</b>	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	
<b>40ХН</b>	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		
<b>20ХНР</b>	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	
<b>20ХГНР</b>	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	
<b>20ХН2М (20ХНМ)</b>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость	Примечание
<b>30ХН2МА</b>	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		
<b>40ХН2МА (40ХНМА)</b>	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		
<b>12ХН3А</b>	200	1275	1373	12	60	98,1	НВ	Закалка 860°С, масло
	300	1128	1275	13	68	78,5	400	
	400	1079	1196	14	68	83,4	380	
	500	932	1030	19	70	117,7	375	
	600	667	736	24	75	166,7	280	
							230	
<b>20ХН3А</b>	200	1270	1510	15	60	73	HRC	Нормализация 860°С, воздух. Закалка 810°С, масло
	300	1260	1370	12	62	54	42	
	400	1180	1260	13	64	59	41	
	500	960	1000	19	66	83	38	
	600	720	780	24	73	162	31	
	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		
<b>30ХН3А</b>	200	1460	1620	8	50	80	HRC	Закалка 820°С, масло
	300	1400	1530	7	50	59	51	
	350	1290	1430	8	50	47	49	
	400	1180	1290	10	52	54	47	
	500	920	1070	17	60	107	44	
	600	780	890	21	64	157	37	
<b>35ХН3МФА</b>	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		
<b>50ХФА</b>	Без отпуща	1579	1942	1,0	—		HRC	Закалка 850°С, масло
	100	1657	1942	2,2	—		51–53	
	200	1765	2010	2,4	—		51–54	
	300	1638	1687	1,6–2,4	36		49–51	
	450	—	—	3,9	54		47–48	
	500	—	—	7,7	—		44–46	
							41–42	

Продолжение таблицы

Марка стали, сплава	$t_{отп},$ °C	$\sigma_{0,2},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость	Примечание
<b>60С2, 60С2А</b>	400	—	1579	9	—	27,5	НВ 477	Закалка 850°С, масло
	500		1373	13		27,5	364	
	550		1706	15		31,4	364	
<b>ШХ15</b>	200	1961- 2207	2158- 2550				HRC 60-62	Закалка 840°С, масло
	300	1667- 1765	2305- 2452	—	—	—	55-57	
	400	1275- 1373	1814- 1912				49-51	
	450	1177- 1275	1618- 1716				45-47	
<b>ШХ15СГ</b>	160	1961- 2354	2256- 2373				HRC 61-64	Закалка 820°С, масло
	200	2128- 2285	2158- 2550	—	—	—	59-61	
	250	2118- 2207	—				58-60	
	300	1863- 2040	—				57-58	
	330	1854- 1952	—				55-56	
<b>95Х18 (9Х18, ЭИ 229)</b>	150	Не определяются					HRC 58-63	Закалка 1050°С, масло
	200						57-61	
	300						54-58	
	400						55-58	
	500						50-53	
	600						39-42	
<b>13Х11Н2В2МФ-Ш (ЭИ 961-Ш)</b>	200	1330	1520	12	55	61	HВ 432	Закалка 1000°С, 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		
<b>10Х12Н3М2ФА (Ш), 10Х12Н3М2ФА-А (Ш)</b>	500	1170	1350	17,5	66,0	КСУ 58	—	Закалка 1050°С, 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость	Примечание							
<b>25X13H2 (2X14H2, ЭИ 474)</b>	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								
	<b>04X14H5MГТЮ</b>		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								
<b>У7, У7А</b>		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													
	<b>У8, У8А</b>	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													
<b>У10, У10А</b>		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													
	<b>У12, У12А</b>	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 <sup>2</sup>	Твердость	Примечание
<b>9ХС</b>	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					
<b>ХВГ</b>	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	
	170–200	Не определяются					HRC 62–63	Закалка 830–850°C, вода. После отпуска охлаждение на воздухе
		Не определяются					58–62	
		Не определяются					52–58	
		Не определяются					47–52	
Не определяются					38–47			
Не определяются								
<b>4ХМФС (40ХСМФ)</b>	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	
<b>5ХГМ</b>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость	Примечание	
<b>7ХГ2ВМФ</b>	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		
<b>5ХНМ</b>	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		
<b>3Х2В8Ф</b>	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		
<b>3Х2МНФ</b>	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		
<b>5Х2МНФ (ДИ 32)</b>	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		
<b>3Х3М3Ф</b>	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		
<b>7Х3</b>	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		
	600								

Продолжение таблицы

Марка стали, сплава	$t_{отп},$ °C	$\sigma_{0,2},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость	Примечание		
<b>8Х4В2МФС2</b> (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			
	520	—	(3250)	—	—	30	62,2			
	540		(3500)			40	61,8			
	560		(3800)			44	61,5			
	<b>11Х4В2МФ3С2</b> (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			
500			(3600)			30	60,4			
520			(3800)			30	61,0			
540		—	(3900)	—	—	30	59,5			
560			(4100)			30	57,6			
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				
500		(3300)			22	61,0	Закалка 1090°C, масло, 62 HRC. После отпуска (трехкратного по 1 ч) охлаждение на воздухе			
520		(3400)			24	62,0				
540	—	(3600)	—	—	26	60,2				
560		(3700)			—	58,6				
580		—			—	56,3				
<b>4Х5МФ1С</b> (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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость	Примечание	
<b>Х6ВФ</b>	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		
	<b>6Х6В3МФС (55Х6В3СМФ, ЭП 569)</b>	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			
<b>Х12</b>	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		
<b>Х12Ф1</b>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость	Примечание
<b>X12MФ</b>	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		
<b>X12BMФ</b>	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		
<b>P9</b>	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		
<b>06X12H3ДЛ</b>	20	585	760	21,8	64,0	КСУ 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  $\sigma_B$  в скобках даны значения  $\sigma_H$  – предела прочности при изгибе

## 4. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ИСПЫТАНИЯ [1]

Марка стали, сплава	t <sub>исп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>СтЗкп</b>	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		
<b>СтЗсп</b>	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		
<b>СтЗГпс</b>	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		
<b>Ст4пс</b>	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	
	<b>08</b>	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	
<b>08кп</b>	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	
<b>10</b>	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	
<b>15</b>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>20</b>	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	
<b>25</b>	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	
<b>30</b>	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	
<b>35</b>	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	
<b>40</b>	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	
	<b>45</b>	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	—	
<b>60</b>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание														
<b>22К</b>	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															
<b>45Г</b>	200 300 400 500	370 285 265 220	760 740 590 520	$\delta_{10}$ 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	$\delta_{10}$ 10 20 20 37	22 35 47 52	—	Нормализация 830°С (крупнозернистая структура)
	<b>16ГС</b>	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	$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>35Г2</b>	200	265	570	$\delta_5$ 14	—	—	Нормализация 870°C, воздух
	300	235	580	19			
	400	215	490	23			
<b>40Г2</b>	-20	450	800	$\delta_{10}$ 18	40	59	Отжиг 900°C, воздух, затем нагрев до 650°C, охлаждение с печью
	100	410	740	17	40	78	
<b>30Х</b>	300	570	790	$\delta_5$ 25	65	127	Закалка 860°C, масло. Отпуск 500°C. Пруток диаметром 40 мм
	400	510	650	21	74	98	
	500	450	600	14	75	83	
<b>38ХА</b>	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			
	<b>40Х</b>	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	
<b>16ГНМА</b>	20	392-451	549-608	21-25	60-66	122,6-132,4	Нормализация 930°C. Отпуск 670°C, выдержка 5 ч, охлаждение со скоростью 50°C/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°C, 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 <sub>исп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
09Н2МФБА-А	-80	432-439	580-604	32,3-34,3	79,7-81,3	—	Закалка 910°С. Отпуск 650°С; дополнительный отпуск 610–630°С, 5 ч; 640–660°С, 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°С. Отпуск 650°С; дополнительный отпуск 610–630°С, 5ч; 640–660°С, 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°С. Отпуск 650°С; дополнительный отпуск 610–630°С, 30 ч; 640–660°С, 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°С. Отпуск 650°С; дополнительный отпуск 610–630°С, 5ч; 640–660°С, 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание	
<b>15ХФ</b>	800	—	57	$\delta_{10}$ 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			
<b>30ХГС, 30ХГСА</b>	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		
<b>12Х1МФ (ЭИ 575)</b>	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	—		
<b>15Х1М1Ф</b>	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	—		
<b>25Х1МФ (ЭИ 10)</b>	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	—		
<b>25Х1М1Ф (Р2, Р2МА)</b>	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	$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>20Х1М1Ф1ТР (ЭП 182)</b>	20	745-814	833-922	16-18	64-69	147-176	Отжиг 950°C. Закалка 980–1050°C, масло. Отпуск 700°C
	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	
	700	441-490	461-510	15-24	78	206	
<b>20Х1М1Ф1БР (ЭП 44)</b>	20	725-745	843-882	16-17	64-67	49-98	Нормализация 1100°C. Отпуск 725°C
	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	
<b>40ХН</b>	20	—	789	17,5	47,7	—	Нормализация 850°C
	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		
<b>34ХН1М, 34ХН1МА</b>	20	579-628	775-804	19-23	68	196,1-245,2	Закалка 860°C, масло. Отпуск 660°C
	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	—	
<b>12ХН2</b>	17	—	481	27	75	—	Отжиг при 680°C, 1 ч
	-196		873	19	22		
	-253		991	27	0		
	17	—	500	25	75	—	Отжиг при 800°C, 1 ч
	-196		843	20	52		
	-253		1167	0	2		
<b>20ХН2М (20ХНМ)</b>	20	1210	1420	5	21	38	Закалка 860°C, масло. Отпуск 200°C, 2 ч, воздух
	-40	1260	1470	4	21	—	
	-70	1280	1480	4	21	—	
	20	970	1010	12	42	52	Закалка 860°C, масло. Отпуск 600°C, 2 ч, воздух
	-40	1010	1060	11	27	—	
	-70	1030	1090	11	23	—	
<b>30ХН2МА</b>	20	1100	1200	$\delta_5$	60	125	Закалка; высокий отпуск
	200	950	1100	15	63	120	
	400	800	950	16	75	100	
	500	700	800	20	80	70	
	600	450	540	20	93	105	

Продолжение таблицы

Марка стали, сплава	$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>40ХН2МА (40ХНМА)</b>	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	
<b>12ХН3А</b>	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	—	
<b>30ХН3А</b>	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	—	—	
<b>34ХН3М, 34ХН3МА</b>	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	—	
<b>25Х2М1Ф (ЭИ 723)</b>	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	519-539	549-569	20	73-78	—	
	650	519-539	549-569	20	73-78	—	

Продолжение таблицы

Марка стали, сплава	$t_{исп},$ °C	$\sigma_{0,2},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание		
<b>12Х2МФБ</b> (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			
<b>12Х2МФСР</b>	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	—			
	<b>38Х2МЮА</b> (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		—	—	—					
<b>18Х2Н4МА</b> (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			
	<b>20Х3МВФ</b> (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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание	
<b>15Х5М</b> (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		
<b>40ХФА</b>	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			
<b>50ХФА</b>	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			
<b>60С2,</b> <b>60С2А</b>	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		
<b>95Х18</b> (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			
<b>03Х8СЮЦ</b> (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		
<b>10Х9МФБ</b> (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	$t_{исп},$ °C	$\sigma_{0,2},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>40Х9С2</b> (4Х9С2, ЭСХ 8)	20	637	882	20	58	—	Отжиг 850–870°C
	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		
<b>40Х10С2М</b> (4Х10С2М, ЭИ 107)	20	666	941	19	40	29	Закалка 1100°C, масло. Отпуск 800°C, 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	
<b>15Х11МФ</b> (1Х11МФ)	20	539-657	725	17-20	66,0	147-167	Нормализация 1080–1100°C. Отпуск 720–740°C, 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°C. Отпуск 670–680°C, 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	
	<b>12Х11В2МФ</b> (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°C. Нормализация 1020–1050°C. Отпуск 720–730°C, 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	—	
<b>18Х11МНФБ</b> (2Х11МФБН, ЭП 291)	20	559	745	16-29	61-66	—	Нормализация 1100–1140°C. Отпуск 750°C, 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 <sub>исп</sub> , °C	σ <sub>0,2</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание	
<b>18X12ВМБФР-Ш</b> (ЭИ 993-Ш)	20	657-804	882-980	14-18	46-60	59-108	Закалка 1050–1100°C, масло. Отпуск 650–720°C, 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		
<b>10X12НД</b>	20	539	637	14	30	КСУ 78	Закалка 950–1050°C, охлаждение со скоростью 30°C/ч. Отпуск 660–680°C, охлаждение с печью или на воздухе. Листовой прокат до 150 мм	
<b>15X12ВНМФ</b> (ЭИ 802, ЭИ 952)	20	696-735	834-873	15-18	55-58,5	93-118	Закалка 1050°C, масло. Отпуск 700°C, 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		
<b>06X12НЗД</b>	20	784	851	22,7	70,7	КСУ 153	Закалка 960°C, закалка 790°C. Отпуск 590°C. 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	$\sigma_{0,2},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>10X12H3M2ФА (Ш), 10X12H3M2ФА-А (Ш)</b>	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	—	
<b>37X12H8Г8МФБ (ЭИ 481)</b>	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	—		
<b>08X13 (0X13, ЭИ 496)</b>	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	
<b>12X13 (1X13)</b>	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	
<b>20X13 (2X13)</b>	–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		
<b>30X13 (3X13)</b>	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	$\sigma_{0,2},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>40X13</b> <b>(4X13)</b>	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	
<b>12X13Г12АС2Н2</b> <b>(ДИ 50)</b>	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		
<b>10X13Г12С2Н2ДБ</b> <b>(ДИ 59)</b>	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			
<b>08X14МФ</b>	-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						
<b>03X14ГНФ-ВИ</b>	-70	—	—	—	—	43 78 83 86 96 — — —	Отжиг 670–700°С
	-50						
	-20						
	0						
	20						
	675						
	725						
	785						
865							

Продолжение таблицы

Марка стали, сплава	$t_{исп},$ °С	$\sigma_{0,2},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>10X14Г14Н4Г (X14Г14НЗГ, ЭИ 711)</b>	20	270	730	62	67	320	Закалка 1050°С, 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	
<b>05X14Н5ДМ</b>	-80	—	—	—	—	141	Нормализация 950°С, 10 ч. Отпуск 610°С, 20 ч
						130	
						118	
	+20	—	—	—	—	148	
						164	
						167	
	+350	—	—	—	—	182	
						195	
						152	
	-80	—	—	—	—	21	
						27	
						20	
	+20	—	—	—	—	87	
						76	
						75	
	+350	—	—	—	—	103	
117							
94							
+20	635	840	20	55	—	Нормализация: 950°С, 12 ч, воздух; 2-я нормализация 800°С, 16 ч, воздух. Отпуск 610°С, 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			—
-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°С. Отпуск 600–620°С.	
360	828-858	1000- 1049	12,0- 16,0	49,0- 51,4	115,6- 117,6		Поковки

Продолжение таблицы

Марка стали, сплава	$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание	
<b>05X14H5ДМ</b>	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		
	<b>1X14H14B2M (ЭИ 257)</b>	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		
<b>45X14H14B2M (ЭИ 69)</b>	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		
<b>09X14H19B2БР (ЭИ 695Р)</b>	–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			
<b>09X14H19B2БР1 (ЭИ 726)</b>	–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	$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>09X14H19B2BP1</b> (ЭИ 726)	20	225-264	520-568	36-42	48-64	147-196	Аустенитизация 1130–1160°С, вода. Старение 740–760°С, 20–25 ч, охлаждение с печью до 200°С. 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	
<b>08X15H24B4TP</b> (ЭП 164)	20	490-588	735-882	20-30	30	117-176	Закалка 1130–1150°С, воздух. Отпуск 730–750°С, 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	
<b>08X16H9M2</b> (X16H9M2)	20	225	627	70	77	—	Закалка 1100°С, 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°С, 2 ч, воздух. Поковки
	650	98-147	294-324	37-47	65-77	215-304	
<b>08X16H13M2Б</b> (ЭИ 405, ЭИ 680)	20	225-284	607-676	45-64	68-70	205-225	Аустенитизация 1100–1130°С. 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°С. Старение 750°С, 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		
<b>10X16H14B2BP</b> (1X16H14B2BP, ЭП 17)	–80	—	—	—	—	157-180	Аустенитизация 1100–1150°С
	–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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>3Х16Н22В6Б (ЦЖ 13)</b>	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
<b>08Х17Т (0Х17Т, ЭИ 645)</b>	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
<b>12Х17 (Х17, ЭЖ 17)</b>	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
<b>14Х17Н2 (1Х17Н2, ЭИ 268)</b>	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
<b>02Х17Н11М2</b>	20 400	190 110	490 390	45 —	— —	— —	Для толщины 10 мм и выше
<b>10Х17Н13М2Т (Х17Н13М2Т, ЭИ 448)</b>	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	—	—
<b>10Х17Н13М3Т (Х17Н13М3Т, ЭИ 432)</b>	20 20	200 —	550-900 1100	— —	— —	— —	Закалка 1050–1080°С, вода. Проволока Проволока нагартованная

Продолжение таблицы

Марка стали, сплава	$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>015X18M2Б-ВИ</b> (ЭП 882-ВИ)	0	—	—	—	—	КСУ 9-128	Отжиг 950°С, 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	—		
<b>12X18H9</b> (X18H9)	600	221	520	48	44	196	Закалка 1130°С, 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	
<b>12X18H9Т</b> (X18H9Т)	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	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	
<b>17X18H9</b> (2X18H9)	540	461	671	50	—	—	Закалка 1050–1100°С, воздух
	650	382	549	40	—	—	
	760	216	642	58	—	—	
<b>08X18H10</b> (0X18H10)	20	210	570	60	70	—	Закалка 1050–1100°С, 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	—	
<b>08X18H10Т</b> (0X18H10Т, ЭИ 914)	20	275	610	41	63	245	Закалка 1050–1100°С, 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	
<b>12X18H10Т</b>	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	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>12Х18Н12Т (Х18Н12Т)</b>	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	
<b>36Х18Н25С2 (4Х18Н25С2, ЭЯ 3С)</b>	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	—	
<b>01Х19Ю3БЧ-ВИ (02Х18Ю3Б-ВИ, ЭП 904-ВИ)</b>	–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	—	
	1200	13	15	137	100	—	
<b>31Х19Н9МВБТ (ЭИ 572)</b>	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	
<b>20Х20Н14С2 (Х20Н14С2, ЭИ 211)</b>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>08X21H6M2T</b> (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				
<b>02X22H5AM3</b>						<b>КСУ</b>	Для толщины 10 мм и выше
	20	450	680	25		270	
	100	370	630	—		—	
	200	330	580	—	—	—	
	300	310	560	—		—	
400	300	550	—		—		
<b>08X22H6T</b> (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		
<b>20X23H13</b> (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	
<b>20X23H18</b> (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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание	
<b>03Х23Н28Ю4Т</b> (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			
<b>03Х24Н6АМЗ</b> (ЗИ 130)	−40	—	—	—	—	289	Закалка 1070°С, вода. Пруток диаметром 55 мм	
	−20					233		
	0					270		
	220					246		
	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	—				
<b>15Х25Т</b> (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			
<b>12Х25Н16Г7АР</b> (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			
<b>20Х25Н20С2</b> (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			
<b>9ХС</b>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>4ХМФС (40ХСМФ)</b>	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		
<b>5ХГМ</b>	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	
<b>5ХНМ</b>	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	
<b>3Х2МНФ</b>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание	
<b>5Х2МНФ (ДИ 32)</b>	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	
<b>4Х5МФ1С (ЭП 572)</b>	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		
<b>6Х6В3МФС (55Х6В3СМФ, ЭП 569)</b>	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						
<b>75ХМ</b>	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	—		
<b>9ХФ, 9Х1Ф</b>	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	—		
<b>9Х1 (9Х)</b>	20	764	764	14,0	45,0	58	Закалка с отпуском при 550–650°С	
	600	182	208	49,9	91,9	—		
<b>50ХН</b>	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	—	—		
<b>60ХН</b>	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	—		
<b>9Х2</b>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>P9</b>	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	
<b>P12</b>	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	
<b>14ХМТЛ</b>	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	
<b>20ХМЛ</b>	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	
<b>20ХМФЛ</b>	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	
<b>15Х1М1ФЛ</b>	–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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание		
<b>20Х5МЛ</b>	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				
<b>15Х6СМТЛ (Х6СМТЛ)</b>	20	343	539	15	30	—	Отжиг 850–870°С		
	500	196	294	25	60				
	650	118	176	20	70				
<b>15Х11МФБЛ (1Х11МФБЛ, Х11ЛА)</b>	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	—			
<b>20Х12ВНМФЛ (15Х12ВНМФЛ, Х11ЛБ, ЭИ 802Л)</b>	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			
	<b>06Х12НЗДЛ</b>	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			
<b>30Х16Н22В6БЛ (ЦЖ 13Л)</b>	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			
<b>10Х18Н9ТЛ</b>	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	$t_{исп},$ °C	$\sigma_{0,2},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>31Х19Н9МВБТЛ</b> (ЭИ 572Л)	20	343	686	25	30	29-39	Закалка 1150–1180°C, вода. Отпуск 700–800°C, 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	
<b>35Х23Н7СЛ</b>	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	
<b>40Х24Н12СЛ</b> (ЭИ 316Л)	20	294	588	45	60	—	Закалка 1050°C, вода
	540	—	470	41	62		
	650	—	402	41	53		
	760	—	264	46	51		
	815	—	205	40	52		
<b>20Х25Н13АТЛ</b>	20	284-323	490-598	28-45	28-41	49-157	Аустенитизация 1160–1180°C. Старение 760–780°C, 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	
<b>06ХН28МДТ</b> (0Х23Н28МЗДТ, ЭИ 943)	20	264	608	55	78	343	Закалка 1050°C, 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°C, вода. Лист 16 мм
	900	147	176	30	40	118	
	1000	88	98	25	40	98	
<b>ХН35ВТ</b> (ЭИ 612)	20	431-617	784-853	18-30	30-55	78-176	Закалка 1090°C, вода. Старение 850°C, 10 ч, старение 700°C, 25–40 ч, охлаждение с печи. 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°C, вода. Старение 850°C, 10 ч, старение 700°C, 25–40 ч, охлаждение с печи. 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	$t_{исп},$ °C	$\sigma_{0,2},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание	
<b>ХН35ВТК</b> (ЭИ 612К)	20	490-568	931-970	21-23	43-55	69-167	Закалка 1080–1100°C. Старение 700°C, 50 ч. Образцы продольные (сортовой прокат)	
	650	470	666	14	23	83		
	700	441	627	10	20	118		
	—	—40	—	—	—	—	78-118	Закалка 1080–1100°C, вода. Старение 850°C, 10 ч, старение 700°C, 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		
<b>ХН35ВТЮ</b> (ЭИ 787)	20	686-902	882- 1313	7-22	10-25	24-83	Закалка 1180–1200°C, 2,5–8 ч, воздух. Закалка 1050°C, 4 ч, воздух. Старение 750–800°C, 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	—		
	<b>ХН35ВТР</b> (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		
<b>06ХН46Б</b> (Х20Н46Б, ЭП 350)	20	364	656	32	64	283	Аустенитизация 1050–1100°C; 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		
<b>05ХН46МВБЧ</b> (ДИ 65)	20	382	892	37,2	40,0	94	Аустенитизация 1080°C, 20 мин, воздух и стабилизация 800°C, 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание	
<b>ХН55ВМТКЮ (ЭИ 929), ХН55ВМТКЮ-ВД (ЭИ 929-ВД)</b>	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			
<b>ХН59ВГ-ИД (ЭК 82-ИД)</b>	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	—		
<b>ХН60ВТ (ЭИ 868)</b>	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				
<b>ХН60КВИОМБ-ВД (ЭП 957-ВД)</b>	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		
<b>ХН65ВМТЮ (ЭИ 893)</b>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание
<b>ХН65КВЮТЬ</b> (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			
<b>ХН65КМВЮБ-ВД</b> (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	
<b>ХН65КВМЮТЬ-ВД</b> (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	
<b>ХН67МВТЮ</b> (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	
<b>ХН70Ю</b> (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			
<b>ХН70БДТ</b> (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	$t_{исп},$ °C	$\sigma_{0,2},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_b,$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Примечание	
<b>ХН70ВМЮТ</b> (ЭИ 765)	20	627-735	1009-1127	28-32	30-34	78-88	Закалка 1150°C, масло. Отпуск 800°C, 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			
<b>ХН70ВМТЮ</b> (ЭИ 617)	20	685-765	1050-1180	14-19	13-21	14,7- 29,4	Закалка 1190°C, 2 ч, воздух, закалка 1050°C, 4 ч, воздух. Отпуск 800°C, 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		
<b>ХН73МБТЮ</b> (ЭИ 698)	20	862	1186	31	24	70	Закалка 1120°C, 8 ч, воздух. Отпуск 1000°C, 4 ч, воздух, отпуск 775°C, 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°C, 8 ч, воздух. Отпуск 1000°C, 4 ч, воздух, отпуск 750°C, 16 ч, воздух, отпуск 650°C, 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			
	<b>ХН75ВМЮ</b> (ЭИ 827)	20	539-676	931-1078	13-25			15-25
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		
<b>ХН77ТЮР</b> (ЭИ 437Б)	20	647	902-1020	11-24	10-24	29-49	Закалка 1080°C, 8 ч, воздух. Старение 750°C, 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$\frac{K_{\psi}}{\%}$ Н/мм <sup>2</sup>	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$K_{\psi}$ , %	Состояние материала и условия испытания
						$\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$	
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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	$\frac{K_{\psi},}{\%}$ Н/мм <sup>2</sup>	Состояние материала и условия испытания
<b>12Х1МФ</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>25Х1МФ</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>20Х1М1Ф1ТР</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>20ХГНР</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>34ХН1М,</b> <b>34ХН1МА</b>	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 <sup>-1</sup>
	1000	38	57	46	64,7	1,14	
	1200	20	26	45,2	100	3,78	
<b>40ХН2МА</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>30ХГСН2А</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>12ХН3А</b>	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$K_{\text{уп}}$ , % Н/мм <sup>2</sup>	Состояние материала и условия испытания
<b>34ХН3М, 34ХН3МА</b>	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 <sup>-1</sup>
	925	51	91	67	98	1,07	
	1025	36	66	72	100	1,52	
<b>25Х2М1Ф (ЭИ 723)</b>	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 <sup>-1</sup>
	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		
<b>38Х2МЮА (38ХМЮА)</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>12Х2Н4А</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>20Х2Н4А</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>18Х2Н4МА (18Х2Н4ВА)</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579)</b>	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 <sup>-1</sup>
	1050	23	39	64,0	100	2,56	
	1100	22	34	66,6	100	2,94	
	1150	15	27	64,6	100	3,70	
<b>60С2, 60С2А</b>	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$\frac{K_{\psi}}{\%}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Состояние материала и условия испытания
<b>ШХ15</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>40Х9С2 (4Х9С2, ЭСХ 8)</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>15Х11МФ (1Х11МФ)</b>	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 <sup>-1</sup>
	1000		69	72	95	1,38	
	1100		29	66	100	3,45	
	1200		20	56	94	4,70	
<b>18Х11МНФБ (2Х11МФБН, ЭП 291)</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>13Х11Н2В2МФ-Ш (ЭИ 961-Ш)</b>	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	
<b>18Х12ВМБФР-Ш (ЭИ 993-Ш)</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
	1300	17	18	52,8	100	5,56	
1350	17	19	46,8	100	5,26		
<b>37Х12Н8Г8МФБ (ЭИ 481)</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>12Х13 (1Х13)</b>	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$K_{\psi}$ , % Н/мм <sup>2</sup>	Состояние материала и условия испытания
<b>20X13</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>30X13</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>40X13</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>09X14N19B2BP1</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>08X16N13M2Б</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>12X17</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>10X17N13M2T</b> (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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	$\frac{K_{\psi},}{\%}$ Н/мм <sup>2</sup>	Состояние материала и условия испытания
<b>12X18H9</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>12X18H9T</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>36X18H25C2</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>31X19H9МВБТ</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>08X22H6T</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>20X23H18</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>20X25H20C2</b> (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 <sup>-1</sup>
	1100	32	37	53,3	75,3	2,02	
	1200	17	23	69,7	81,8	3,63	
<b>У7, У7А</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>У8, У8А</b>	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$K_{\text{ч}}$ , %	Состояние материала и условия испытания
						Н/мм <sup>2</sup>	
<b>У10, У10А</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>У12, У12А</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>9ХС</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>Х12МФ</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>90ХМФ</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>9Х1 (9Х)</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>60ХН</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>9Х2</b>	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 <sup>-1</sup>
	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)	$t_{\text{исп}},$ °C	$\sigma_{0,2},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}},$ Н/мм <sup>2</sup>	$\delta,$ %	$\psi,$ %	$\frac{K_{\psi},}{\%}$ Н/мм <sup>2</sup>	Состояние материала и условия испытания
<b>P18</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>06X14H5ДМФЛ</b>	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	
<b>ХН35ВТ (ЭИ 612)</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
1250	27	31	66	84	2,71		
<b>ХН35ВТЮ (ЭИ 787)</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>ХН62МБВЮ (ЭП 709)</b>	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	
<b>ХН65ВМТЮ (ЭИ 893)</b>	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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>ХН67МВТЮ (ЭП 202, ЭИ 445Р)</b>	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 <sup>-1</sup>
	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 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$\frac{K_{\psi}}{\%}$ Н/мм <sup>2</sup>	Состояние материала и условия испытания
<b>ХН70ВМЮТ</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>ХН70ВМТЮ</b> (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 <sup>-1</sup>
	1000	—	154	52,4	85,9	0,56	
	1100	—	73	80,0	91,1	1,26	
	1200	—	34	69,6	51,2	1,49	
<b>ХН77ТЮР</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>ХН78Т</b> (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 <sup>-1</sup>
	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	
<b>ХН80ТБЮ</b> (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 <sup>-1</sup>
	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/мм<sup>2</sup>

Марка материала	Время, ч	Пределы длительной прочности $\sigma_{дл., T_3}^t$ , Н/мм <sup>2</sup> , при температурах испытания, °С									
		410	450	475	500	540	550	575	580	600	650
08	10 <sup>4</sup>				50						
	10 <sup>5</sup>	102	69		30						
10	10 <sup>4</sup>				50						
	10 <sup>5</sup>	102	69		30						
15	10 <sup>4</sup>	116	98		51						
	10 <sup>5</sup>	108	71		30						
20	10 <sup>4</sup>				62						
	10 <sup>5</sup>	129	89		39						
20-ПВ	10 <sup>5</sup>		88								
15К	10 <sup>4</sup>	116	98		51						
	10 <sup>5</sup>	108	71		30						
16К	10 <sup>4</sup>	116	98		51						
	10 <sup>5</sup>	108	71		30						
18К	10 <sup>4</sup>		98		62						
	10 <sup>5</sup>	129	89		39						
20К	10 <sup>4</sup>		98		62						
	10 <sup>5</sup>	129	89		39						
15ГС	10 <sup>5</sup>	153	95								
16ГС	10 <sup>5</sup>	146	93								
17ГС	10 <sup>5</sup>	153	95								
17Г1С	10 <sup>5</sup>	153	95								
09Г2С	10 <sup>5</sup>	146	93								
10Г2С1	10 <sup>5</sup>	153	95								
12МХ	10 <sup>4</sup>						90				
	10 <sup>5</sup>				143						
15ХМ	10 <sup>4</sup>						93				
	10 <sup>5</sup>				158		53				
20ХМ	10 <sup>4</sup>		335		215						
	10 <sup>5</sup>		294		175		64				
12Х1МФ (ЭИ 575)	10 <sup>4</sup>						120			71	
	10 <sup>5</sup>				170		99			56	
12Х1МФ-ПВ	10 <sup>5</sup>		288		192					65	
13Х1МФ (14Х1ГМФ, ЦТ 1)	10 <sup>5</sup>				176		120			82	
15Х1М1Ф	10 <sup>4</sup>						135			81	
	10 <sup>5</sup>				180		117			65	
25Х1МФ (ЭИ 10)	10 <sup>4</sup>				255		98–147				
	10 <sup>5</sup>				167		127				
25Х1М1Ф (Р2, Р2МА)	10 <sup>4</sup>				255–305		200	137–162			
	10 <sup>5</sup>				215–255		145	98–118			
20Х1М1Ф1ТР (ЭП 182)	10 <sup>4</sup>		470		382	323				265	
	10 <sup>5</sup>		440		323	274				196	
20Х1М1Ф1БР (ЭП 44)	10 <sup>4</sup>		480		343		270			235	
	10 <sup>5</sup>		392		294		230			196	

Продолжение таблицы

Марка материала	Вре- мя, ч	Пределы длительной прочности $\sigma_{дл., Т_3}^t$ , Н/мм <sup>2</sup> , при температурах испытания, °С										
		450	470	500	530	550	560	565	575	600	650	700
25Х2М1Ф (ЭИ 723)	10 <sup>4</sup>					157–216						
	10 <sup>5</sup>					137						
12Х2МФСР	10 <sup>4</sup>					120				71		
	10 <sup>5</sup>			159		95				56		
20Х3МВФ (ЭИ 415, ЭИ 579)	10 <sup>4</sup>	440		365		205–235						
	10 <sup>5</sup>	437		335		175						
15Х5М (12Х5МА, Х5М)	10 <sup>4</sup>			132		78				54		
	10 <sup>5</sup>			105		68				28		
10Х9МФБ (ДИ 82)	10 <sup>4</sup>					150				98	78	
	10 <sup>5</sup>			191		125				78	62	
40Х10С2М (4Х10С2М, ЭИ 107)	10 <sup>4</sup>			216						127		
	10 <sup>5</sup>			157						88		
15Х11МФ (1Х11МФ)	10 <sup>4</sup>				157–206							
	10 <sup>5</sup>				127–157							
15Х11МФБ (1Х11МФБ)	10 <sup>5</sup>									75		
12Х11В2МФ (типа ЭИ 756)	10 <sup>4</sup>					195				131	68	
	10 <sup>5</sup>				186	161				90	30	
18Х12ВМБФР-Ш (ЭИ 993-Ш)	10 <sup>4</sup>	470		353				245				
	10 <sup>5</sup>	412		304				216				
15Х12ВНМФ (ЭИ 802, ЭИ 952)	10 <sup>4</sup>	490		382		245		235				
	10 <sup>5</sup>	479		343		216		186				
20Х12ВНМФ (ЭП 428)	10 <sup>4</sup>					245			186	136		
	10 <sup>5</sup>					216			155	118		
10Х12Н3М2ФА(Ш), 10Х12Н3М2ФА- А(Ш)	10 <sup>4</sup>	540		375						249		
	10 <sup>5</sup>	450		290						166		
08Х13 (0Х13, ЭИ 496)	10 <sup>4</sup>			121		62				31		
	10 <sup>5</sup>					45						
12Х13 (1Х13)	КП <sup>1)</sup> 40	10 <sup>4</sup>	245		142							
		10 <sup>5</sup>	216		118							
	КП <sup>1)</sup> 60	10 <sup>4</sup>		255	216	186						
		10 <sup>5</sup>		186		157						
20Х13 (2Х13)	10 <sup>4</sup>	289	211	191	105-165							
	10 <sup>5</sup>	255	176	157								
12Х13Г12АС2Н2 (ДИ 50)	10 <sup>4</sup>									139– 160	88– 110	75
	10 <sup>5</sup>									110	70	
10Х13Г12С2Н2Д2Б (ДИ 59)	10 <sup>4</sup>									163	103	66
	10 <sup>5</sup>									131	81	50
08Х14МФ	10 <sup>4</sup>			140		85				70		
	10 <sup>5</sup>			120		60				50		
1Х14Н14В2М (ЭИ 257)	10 <sup>4</sup>					211				157	108	
	10 <sup>5</sup>					167				118	83	

Продолжение таблицы

Марка материала	Время, ч	Пределы длительной прочности $\sigma_{дл., Т_3}^t$ , Н/мм <sup>2</sup> , при температурах испытания, °С								
		500	550	560	580	600	650	700	750	800
45X14H14B2M (ЭИ 69)	10 <sup>4</sup>				176	127	23			
	10 <sup>5</sup>				147	98				
09X14H19B2BP (ЭИ 695P)	10 <sup>4</sup>						117			
	10 <sup>5</sup>					111	46			
08X15H24B4TP (ЭП 164)	10 <sup>4</sup>					382	284	176	118	
	10 <sup>5</sup>					294	225	137	78	
08X16H9M2 (X16H9M2)	10 <sup>4</sup>					141	98	60		
	10 <sup>5</sup>					111	72	45		
08X16H13M2Б (ЭИ 405, ЭИ 680)	10 <sup>4</sup>		255			196	127	59–73		
	10 <sup>5</sup>		206			147	93	34–59		
10X16H14B2BP (1X16H14B2BP, ЭП 17)	10 <sup>4</sup>						117			
	10 <sup>5</sup>					111	46			
X16H16MB2BP (ЭП 184)	10 <sup>4</sup>						117			
	10 <sup>5</sup>					111	46			
3X16H22B6Б (ЦЖ 13)	10 <sup>4</sup>						157–176	118–127	74–88	
015X18M2Б-ВИ (ЭП 882-ВИ)	10 <sup>4</sup>	274	132			69				
	10 <sup>5</sup>	260	101			53				
12X18H9 (X18H9)	10 <sup>4</sup>			245		98		49		15
	10 <sup>5</sup>			196						
12X18H9T (X18H9T)	10 <sup>4</sup>	245	186–235			132–167	64–103	53–71		
	10 <sup>5</sup>	196	137–196			98–127	44–74	34–44		
12X18H10T	10 <sup>4</sup>		186–235			132–167	64–103	53–71		
	10 <sup>5</sup>		137–196			98–127	44–74	34–44		
12X18H12T (X18H12T)	10 <sup>4</sup>					141	98	60		
	10 <sup>5</sup>					111	72	45		
31X19H9MBBT (ЭИ 572)	10 <sup>4</sup>			294		230–265	176–206	98		
	10 <sup>5</sup>			255		196–235	147–167	59		
20X23H13 (X23H13, ЭИ 319)	10 <sup>4</sup>		235			186	108	59		
	10 <sup>5</sup>		196			147	69	35		
20X23H18 (X23H18, ЭИ 417)	10 <sup>4</sup>					113	59	21		
	10 <sup>5</sup>					78	34	12		
20X25H20C2 (X25H20C2, ЭИ 283)	10 <sup>5</sup>									20

Примечание. КП<sup>1)</sup> – категория прочности.

## 2. Пределы длительной прочности литейных сталей

Марка материала	Время, ч	Пределы длительной прочности $\sigma_{д.п., T_3}^1$ , Н/мм <sup>2</sup> , при температурах испытания, °С											
		450	480	500	540	550	560	565	570	580	600	650	
20Л	10 <sup>4</sup>		71	52									
	10 <sup>5</sup>	75	50	33									
20ХМЛ	10 <sup>4</sup>			265			123				64		
	10 <sup>5</sup>			177			88				39		
20ХМФЛ	10 <sup>4</sup>		274	216	157						64		
	10 <sup>5</sup>		234	177	108						39		
15Х1М1ФЛ	10 <sup>4</sup>								128– 172		83– 128		
	10 <sup>5</sup>								100– 128		64– 98		
20Х5МЛ	10 <sup>4</sup>			179		91					48		
	10 <sup>5</sup>			127		63					33		
15Х11МФБЛ (1Х11МФБЛ, Х11ЛА)	10 <sup>4</sup>							137		147	91– 108		
	10 <sup>5</sup>							118– 127		98– 108	69– 83		
20Х12ВНМФЛ (15Х12ВНМФЛ, Х11ЛБ, ЭИ 802Л)	10 <sup>4</sup>						176– 180			118– 147	108– 127		
	10 <sup>5</sup>						147			98– 118	78		
30Х16Н22В6БЛ (ЦЖ 13Л)	10 <sup>4</sup>											176	
												700°С 117	
												750°С 77–88	
	10 <sup>5</sup>												157
													700°С 98
													750°С 64–83
12Х18Н9ТЛ	10 <sup>4</sup>										120		
	10 <sup>5</sup>					127					94		
31Х19Н9МВБТЛ (ЭИ 572Л)	10 <sup>4</sup>			333		264					216		
20Х25Н13АТЛ	10 <sup>4</sup>									137– 147	98	54	
	10 <sup>5</sup>									188	73	35	

## 3. Длительная прочность сплавов

Марка материала	Время, ч	Пределы длительной прочности $\sigma_{дл., T_3}^t$ , Н/мм <sup>2</sup> , при температурах испытания, °С								
		550	600	650	700	750	800	850	900	950
ХН35ВТ (ЭИ 612)	10 <sup>4</sup>	382	255– 304	196	137					
	10 <sup>5</sup>	314	206– 255	157	98	59				
ХН35ВТК (ЭИ 612К)	10 <sup>4</sup>	392	333	206– 235	157					
	10 <sup>5</sup>	333	274	176– 196	137					
ХН35ВТЮ (ЭИ 787)	10 <sup>4</sup>	539– 617	412– 441	216– 255	157– 225					
ХН35ВТР (ЭИ 725)	10 <sup>4</sup>			274	147	93				
	10 <sup>5</sup>			157	108	59				
ХН55ВМТКЮ (ЭИ 929), ХН55ВМТКЮ-ВД (ЭИ 929-ВД)	10 <sup>3</sup>				650	470	300			
	10 <sup>4</sup>			600	500	370	240			
	3·10 <sup>4</sup>			560	450	330	220			
ХН60ВТ (ЭИ 868)	10 <sup>2</sup>						108		51	
	3·10 <sup>3</sup>						87		39	
ХН60КВИОМБ-ВД (ЭП 957-ВД)	10 <sup>3</sup>						400	270		
ХН65ВМТЮ (ЭИ 893)	10 <sup>3</sup>				380	280– 320	160– 200			
	10 <sup>4</sup>				300	210– 220	100– 130			
	10 <sup>5</sup>				170	100				
ХН65КВИОТБ (ЦЖ 24)	10 <sup>4</sup>			540	370	230	120			
	3·10 <sup>4</sup>			480	320	190	95			
ХН65КМВИОБ-ВД (ЭП 800-ВД)	10 <sup>3</sup>				560	470	320	240		
	10 <sup>4</sup>				450	320	240	130		
	2·10 <sup>4</sup>				400	290	210			
ХН65КМВИОТБ-ВД (ЭК 78-ВД)	10 <sup>3</sup>			670	520	380	250	160		
	10 <sup>4</sup>			540	400	260	145	75		
	2·10 <sup>4</sup>			510	370	220	115	55		
	3·10 <sup>4</sup>			480	340	200	95	45		
ХН67МВТЮ (ЭП 202, ЭИ 445Р)	10 <sup>4</sup>				370– 390	280– 300	180– 200	110– 130	65–75	33–38
	10 <sup>5</sup>				300– 320	200– 220	130– 150	70–80	40–45	19–21
ХН70ВМИОТ (ЭИ 765)	10 <sup>4</sup>		560	400	260	180	90	60		
	10 <sup>5</sup>		500	300	190	130	50			
	10 <sup>5</sup>			400		180	125			
ХН70ВМТЮ (ЭИ 617)	10 <sup>4</sup>			550		250	175			
	10 <sup>5</sup>			400		180	125			
ХН73МБТЮ (ЭИ 698)	10 <sup>3</sup>	870		570	400	295				
	10 <sup>4</sup>			480	290	210				

Продолжение таблицы

Марка материала	Время, ч	Пределы длительной прочности $\sigma_{д.п., T_3}^t$ , Н/мм <sup>2</sup> , при температурах испытания, °С							
		600	650	700	750	800	816	850	900
ХН75ВМЮ (ЭИ 827)	10 <sup>3</sup>			450–500	350	220–240		140–170	
	10 <sup>4</sup>			350–400	260	160–190			
ХН77ТЮР (ЭИ 437Б)	10 <sup>3</sup>	560	470	310	200–210				
	10 <sup>4</sup>	450	350	180–200	110–200				
ХН78Т (ЭИ 435)	10 <sup>2</sup>			105		28–45		15–18	
	10 <sup>3</sup>			60					
ХН80ТБЮ (ЭИ 607)	10 <sup>3</sup>		450	280					
	10 <sup>4</sup>		280	170					
ХН80ТБЮА (ЭИ 607А)	10 <sup>4</sup>		240–260	180–210					
	10 <sup>5</sup>		200–220	150–170					
	10 <sup>4</sup>		675	525	385	260		155	
	2,5·10 <sup>4</sup>		630	480	340	220		120	
	10 <sup>4</sup>			470	350	250		165	
	3·10 <sup>4</sup>			425	315	210		130	
	10 <sup>4</sup>				360	223	201		
ХН58ВКМТЮБЛ (ЦНК 8МП) (направленная структура)	10 <sup>3</sup>				580	446		335	225
	10 <sup>4</sup>				452	338		225	
	2,5·10 <sup>4</sup>				412	295		180	
	2,5·10 <sup>4</sup>			520	380	260		150	
ХН60КВМЮТЛ (ЦНК 7П) (равно- осная структура)	10 <sup>3</sup>			620	520	390		280	
	10 <sup>4</sup>			540	400	280		180	
	2,5·10 <sup>4</sup>			490	360	240		145	
ХН60КВМЮТБЛ (ЦНК 21П)	10 <sup>3</sup>			490	370	280		190	
	10 <sup>4</sup>			405	290	195		120	
	2,5·10 <sup>4</sup>			360	250	165		100	
ХН64ВМКЮТЛ (ЗМИ 3)	10 <sup>3</sup>		795	645	500	370		250	
	10 <sup>4</sup>		675	525	385	260		155	
	2,5·10 <sup>4</sup>		630	480	340	220		120	
ХН65ВМТЮЛ (ЭИ 893Л)	10 <sup>4</sup>		414	300	207	134		81	
	10 <sup>5</sup>	470	348	240	155	94			
ХН65КМВЮТЛ (ЖС 6К) (равно- осная структура)	10 <sup>3</sup>					400		280	180
	10 <sup>4</sup>					290		190	110
	2·10 <sup>4</sup>					270		170	90
ХН65КМВЮТЛ (ЖС 6К) (направ- ленная структура)	10 <sup>3</sup>				598	452		328	234
	10 <sup>4</sup>				466	329		227	155
	2,5·10 <sup>4</sup>				416	286		194	131
ХН65ВКМБЮТЛ (ЭП 539ЛМУ)	10 <sup>3</sup>			600	465	355		250	
	10 <sup>4</sup>			470	350	250		165	
	3·10 <sup>4</sup>			425	315	210		130	
ХН70КВМЮТЛ (ЦНК 17П)	10 <sup>3</sup>				430	325	305		
	10 <sup>4</sup>				360	223	201		

## 4. Релаксационная стойкость в зависимости от температуры испытания

Марка материала	Режим термической обработки				$t_{исп}, ^\circ C$	Начальное напряжение $\sigma_0, Н/мм^2$	Остаточное напряжение $\sigma_r, Н/мм^2$		
	Операция	$t, ^\circ C$	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
<b>20Х3МВФ</b> (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	—						
<b>18Х12ВМБФР-Ш</b> (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)	—
<b>20Х12ВНМФ</b> (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
<b>09Х14Н19В2БР1</b> (ЭИ 726)	Аустенитизация	1140–1160		Вода	650	200	112	(90)	—
	Старение	740–760	25	С печью	650	150	92	(70)	—
<b>08Х15Н24В4ТР</b> (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	—
<b>ХН35ВТК</b> (ЭИ 612К)	Закалка	1080–1100	5	Вода	650	200	130	90	84
	Отпуск	700		Воздух		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 <sup>3</sup>	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 <sub>1/50</sub>	R <sub>1,5/50</sub>	R <sub>1,7/50</sub>	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 <sub>1,5/50</sub> , Вт/кг, не более	B <sub>2500</sub> , Тл, не менее	ΔB <sub>2500</sub> , Тл, не более
2421	0,27	R <sub>1/400</sub> ≤ 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	
2215		4,5	1,64	0,13
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	В, 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, $\mu$ , мГн/м	Магнитная индукция, В, 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 свойства<sup>1</sup> тонколистовых изотропных и анизотропных ЭТС

Марки	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	HV <sup>2</sup>
<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	

<sup>1</sup> В числителе – вдоль прокатки, в знаменателе – поперёк прокатки.

<sup>2</sup> При нагрузке 50 Н.

7. Число перегибов (не менее)<sup>1</sup> тонких листов и лент из ЭТС

Анизотропные стали		Изотропные стали				Анизотропная тончайшая лента <sup>2</sup>	
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)	—	—	—	—

<sup>1</sup> В скобках – минимальное число для каждого образца.

<sup>2</sup> 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/мм<sup>2</sup>,  $\delta \geq 24\%$ ,  $\psi \geq 60\%$ , а твёрдость HV  $\leq 131$ .

## 8. Зарубежные ЭТС, близкие к отечественным

Марка	Страна	НД
<b>2011</b>	Россия	ГОСТ
M 890-50 D Fe V 890-50 HD 50 A 800	Германия Франция Япония	DIN; EN AFNOR NF JIS
<b>2012</b>	Россия	ГОСТ
M 660-50 D Fe V 660-50 HD	Германия Франция	DIN; EN AFNOR NF
<b>2013</b>	Россия	ГОСТ
S2	США	ASTM
<b>2111</b>	Россия	ГОСТ
M 700-50 A 47 F 450 50 A 700	Германия США Япония	DIN; EN ASTM JIS
<b>2112</b>	Россия	ГОСТ
M 600-50 A Fe V 600-50 HA	Германия Франция	DIN; EN AFNOR NF
<b>2215</b>	Россия	ГОСТ
M 470-50 A Fe V 470-50 HA	Германия Франция	DIN AFNOR NF
<b>2216</b>	Россия	ГОСТ
400 M 400-50 A 47 F 230	Великобритания Германия США	B.S. DIN ASTM
<b>2411</b>	Россия	ГОСТ
300; 355 M 350-50 A 47 F 205	Великобритания Германия США	B.S. DIN; EN ASTM
<b>2412</b>	Россия	ГОСТ
280 M 310-50 A 47 F 174	Великобритания Германия США	B.S. DIN; EN ASTM
<b>2413</b>	Россия	ГОСТ
M 290-50 A 47 F 168	Германия США	DIN; EN ASTM
<b>3404</b>	Россия	ГОСТ
Fe M 150-30 N M 111-35 N	Франция Евронормы	AFNOR NF EN
<b>3405</b>	Россия	ГОСТ
M 140-30 S 30 G 140	Германия Япония	DIN; EN JIS
<b>3406</b>	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 ряд 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/мм<sup>2</sup>, 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/мм<sup>2</sup>. 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  $\psi$ . Чтобы обеспечить требуемые значения  $\psi$  (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/мм<sup>2</sup>,  $\sigma_{0,2} \geq 470$  Н/мм<sup>2</sup>,  $\delta \geq 15$ –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	$\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{в}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>			
					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/см<sup>2</sup>.

## 3. Механические свойства листового и широкополосного универсального проката

Марка стали	Толщина проката, мм	$\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>			После старения
					При температуре, °С			
					- 20	- 40	- 70	
<b>не менее</b>								
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/см<sup>2</sup>.
2. Для сталей С390, С390К, С440 у профиля толщиной 5 мм норма ударной вязкости 34 Дж/см<sup>2</sup>.
3. Для стали С590 допускается снижение  $\sigma_T$  и  $\sigma_B$  на 50 Н/мм<sup>2</sup>, а  $\delta$  – 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
<b>C235</b>	Россия	ГОСТ
USt 37-2 S 235 JRG1	Германия Евронормы	DIN EN
<b>C245</b>	Россия	ГОСТ
RSt 37-2 S 235 JRG2	Германия Евронормы	DIN EN
<b>C255</b>	Россия	ГОСТ
St 37-3U 36 S 235 J0	Германия США Евронормы	DIN ASTM EN
<b>C275</b>	Россия	ГОСТ
St 44-2 S 275 JR	Германия Евронормы	DIN EN
<b>C285</b>	Россия	ГОСТ
St 44-3U Grade 70 S 275 J0	Германия США Евронормы	DIN ASTM EN
<b>C345</b>	Россия	ГОСТ
St 52-3N S 355 J2G3	Германия Евронормы	DIN EN
<b>C345K</b> WR 50 A SPA-H	Россия Великобритания Япония	ГОСТ B.S. JIS
<b>C375</b>	Россия	ГОСТ
TStE 380 SLA 325	Германия Япония	DIN JIS
<b>C390, C440</b>	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
<b>C590K</b>	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 – мартеновская 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  $\sigma_v$  до 1700–1800 Н/мм<sup>2</sup>, это позволит достичь предела контактной выносливости в головке рельса порядка 1600 Н/мм<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
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/см<sup>2</sup>, а для марки 2 – 20 Дж/см<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup>
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	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup> (не более)	$\delta$ , % (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	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	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  $\sigma_b$  на 40–120 Н/мм<sup>2</sup>, твёрдость на 30–40 НВ, предел выносливости на 100–140 Н/мм<sup>2</sup>.

**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]**

<b>Марка</b>	<b>Страна</b>	<b>НД</b>
<b>Ст0</b>	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
<b>Ст2сп</b>	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
<b>Ст3кп</b>	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
<b>Ст3пс</b>	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
<b>Ст3сп</b>	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
<b>Ст4кп</b>	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	Евроноормы	EN
<b>Ст4пс</b>	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	Евроноормы	EN
<b>Ст4сп</b>	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
<b>Ст5сп</b>	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	Евроноормы	EN
<b>Ст6сп</b>	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	Евроноормы	EN
<b>08</b>	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
<b>08</b>	Россия	ГОСТ
1146	Швеция	MNC
SWR 1	Япония	JIS
2 C 10	Евронормы	EN
<b>08кп</b>	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
<b>10</b>	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
<b>10кп</b>	Россия	ГОСТ
3 HR	Великобритания	B.S.
UStW 23 (DD 12 G1)	Германия	DIN
1010	США	ASTM
2C	Франция	AFNOR NF
SPHE	Япония	JIS
<b>15</b>	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
<b>15кп</b>	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
<b>20</b>	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
<b>20кп</b>	Россия	ГОСТ
1020	США	ASTM
1023	США	ASTM
<b>25</b>	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
<b>30</b>	Россия	ГОСТ
5	Великобритания	EN
C 30	Германия	DIN
1030 (C 1030)	США	ASTM
XC 32	Франция	AFNOR NF
S 30 C	Япония	JIS
<b>35</b>	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
<b>40</b>	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
<b>40</b>	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	Евроноормы	EN
<b>45</b>	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	Евроноормы	EN
C 46	Евроноормы	EN
<b>50</b>	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	Евроноормы	EN
C 50 E	Евроноормы	EN
<b>55</b>	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	Евроноормы	EN
C 55	Евроноормы	EN

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>60</b>	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
<b>75</b>	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
<b>85</b>	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
<b>15K</b>	Россия	ГОСТ
H1	Германия	DIN
H2	Германия	DIN
<b>16K</b>	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
<b>18К</b>	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
<b>20К</b>	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
<b>22К</b>	Россия	ГОСТ
К 02700	США	UNS
А516	США	ASTM
<b>А12</b>	Россия	ГОСТ
10 S 20	Германия	DIN
15 S 20	Германия	DIN
1212	США	ASTM
В 1112	США	ASTM
SUM 21	Япония	JIS
<b>А30</b>	Россия	ГОСТ
35 S 20	Германия	DIN
1126	США	SAE
35 MF 4	Франция	AFNOR NF
SUM 4	Япония	JIS
<b>А40Г</b>	Россия	ГОСТ
С 1144	США	AISI
SUM 42	Япония	JIS
<b>15Г</b>	Россия	ГОСТ
2 S 14	Великобритания	B.S.
С 14 // 15 Mn 3	Германия	DIN
1016	США	ASTM
2110	Швеция	SIS
<b>20Г</b>	Россия	ГОСТ
3	Великобритания	EN
1021	США	ASTM
1022	США	ASTM

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>30Г</b>	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
<b>40Г</b>	Россия	ГОСТ
150 М 36	Великобритания	B.S.
40 Мн 4	Германия	DIN
G 10350 (1035)	США	UNS
1040	США	ASTM
<b>45Г</b>	Россия	ГОСТ
1040	США	ASTM
<b>50Г</b>	Россия	ГОСТ
1050	США	ASTM
STH 67	Япония	JIS
<b>15ГС</b>	Россия	ГОСТ
S 355 J2G3	Великобритания	B.S.
<b>16ГС</b>	Россия	ГОСТ
17 Мн 4	Германия	DIN
0844	Германия	DIN
<b>17ГС</b>	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
<b>17Г1С</b>	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
<b>17Г1С</b>	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
<b>20ГС</b>	Россия	ГОСТ
BSt 420 S	Германия	DIN
34GS	Польша	PN
A 615	США	ASTM
<b>09Г2</b>	Россия	ГОСТ
68 F 62 H5	Великобритания	B.S.
<b>10Г2</b>	Россия	ГОСТ
201	Великобритания	B.S.
1513	США	ASTM
<b>14Г2</b>	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
<b>35Г2</b>	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
<b>40Г2</b>	Россия	ГОСТ
1541	США	ASTM
SMn 438 (SMn 2)	Япония	JIS
<b>45Г2</b>	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
<b>50Г2</b>	Россия	ГОСТ
50 Mn 7	Германия	DIN
1552	США	ASTM
<b>09Г2С</b>	Россия	ГОСТ
G	США	ASTM
StE 420	Германия	DIN
13Mn6	Германия	DIN
12Mn	Китай	GB
SLA 33	Япония	JIS
<b>10Г2С1</b>	Россия	ГОСТ
50 C	Великобритания	B.S.
50/35 HR	Великобритания	B.S.
13 Mn	Германия	DIN
K 02803	США	UNS
K 03103	США	UNS
E 355	Франция	AFNOR NF
SGS 450	Япония	JIS
STK 490	Япония	JIS
P355N	Евроноормы	EN
<b>18Г2С</b>	Россия	ГОСТ
E 295	Великобритания	B.S.
St 52-3	Германия	DIN
A 50-2	Франция	AFNOR NF
1572	Швеция	SS
SS 490	Япония	JIS
Fe 510 C	Евроноормы	EN
S355JO	Евроноормы	EN
<b>25Г2С</b>	Россия	ГОСТ
27SiMn	Китай	GB
<b>18Г2АФпс</b>	Россия	ГОСТ
55 F	Великобритания	B.S.
StE 355	Германия	DIN
K 02900	США	UNS
P 460 N	Франция	AFNOR NF
2143	Швеция	SS
SM 520 B (SM 53 B)	Япония	JIS
SM 520 C (SM 53 C)	Япония	JIS
FeE 460 KG	Евроноормы	EN
FeE 460 KW	Евроноормы	EN
<b>15X</b>	Россия	ГОСТ
523 M 15	Великобритания	B.S.
15 Cr 3 (7015)	Германия	DIN
17 Cr 3	Германия	DIN
G 51150 (5115)	США	UNS
G 61180	США	UNS
15 Cr 2 RR	Франция	AFNOR NF
SCr 415 H	Япония	JIS
15 Cr 2	Евроноормы	EN

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>20X</b>	Россия	ГОСТ
207	Великобритания	B.S.
20 CrS 4	Германия	DIN
5120	США	ASTM
SCr 420 H	Япония	JIS
<b>30X</b>	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
<b>35X</b>	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
<b>38XA</b>	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
<b>40X</b>	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
<b>45X</b>	Россия	ГОСТ
5145	США	ASTM
45 C 4	Франция	AFNOR NF
SCr 445 (SCr 5)	Япония	JIS

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>50X</b>	Россия	ГОСТ
5150	США	ASTM
5147	США	ASTM
5152	США	ASTM
<b>16ГНМА</b>	Россия	ГОСТ
15 NiCuMoNb 5	Германия	DIN
<b>10ГН2МФА</b>	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
<b>12МХ</b>	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
<b>12ХМ</b>	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
<b>15ХМ</b>	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
<b>15XM</b>	Россия	ГОСТ
SCM 415, SCM415H 13 CrMo 4-5	Япония Евронормы	JIS EN
<b>20XM</b>	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
<b>30XM</b>	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
<b>30XMA</b>	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
<b>35XM</b>	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
<b>35XM</b>	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
<b>15ХФ</b>	Россия	ГОСТ
6117	США	ASTM/SAE
<b>14ХГС</b>	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
<b>30ХГСА</b>	Россия	ГОСТ
SCSiMn 2	Япония	JIS
<b>25ХГМ</b>	Россия	ГОСТ
20 CrMo 5	Германия	DIN
<b>40ХГМА</b>	Россия	ГОСТ
A-4142HM	США	AISI
D	США	API
<b>18ХГТ</b>	Россия	ГОСТ
20 MnCr 5 G	Германия	DIN
<b>30ХГТ</b>	Россия	ГОСТ
30 MnCrTi	Германия	DIN
<b>12Х1МФ (ЭИ 575), 12Х1МФ-ПВ</b>	Россия	ГОСТ
13 CrMoV 4.2	ГДР	TGL
15123 H	Чехословакия	CSN
<b>15Х1М1Ф</b>	Россия	ГОСТ
X 22 CrMoV 12.1	ГДР	TGL
<b>25Х1МФ (ЭИ 10)</b>	Россия	ГОСТ
24 CrMoV 5 5	Германия	DIN
<b>25Х1М1Ф (P2, P2MA)</b>	Россия	ГОСТ
21 CrMoV 5 7	Германия	DIN
<b>10ХСНД</b>	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
<b>20ХН</b>	Россия	ГОСТ
3120	США	SAE
2510	Швеция	SS

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>40XH</b>	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
<b>45XH</b>	Россия	ГОСТ
3145	США	AISI
<b>34XH1M</b>	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
<b>12XH2</b>	Россия	ГОСТ
15 CrNi 6 16 NC 6 2511	Германия Франция Швеция	DIN AFNOR NF SS
<b>20XH2M (20XHM)</b>	Россия	ГОСТ
17 CrNiMo 6 4320 SNCM 415	Германия США Япония	DIN ASTM JIS
<b>30XH2MA</b>	Россия	ГОСТ
SNCM 431	Япония	JIS
<b>40XH2MA (40XHMA)</b>	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
<b>12XH3A</b>	Россия	ГОСТ
14 NiCr 10 (5732) 10 NC 11 SNC 815 H	Германия Франция Япония	DIN AFNOR NF JIS
<b>20XH3A</b>	Россия	ГОСТ
20 NC 11 20CrNi3A 2515	Франция Китай Швеция	AFNOR NF GB SS
<b>30XH3A</b>	Россия	ГОСТ
30 NiCr 14 30 NC 11 SNC 631 (SNC 2)	Германия Франция Япония	DIN AFNOR NF JIS

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>38ХНЗМА</b>	Россия	ГОСТ
SNC 28	Япония	JIS
<b>38ХНЗМФА</b>	Россия	ГОСТ
34 NiCrMoV 14 5	Германия	DIN
35 NiCrMoV 12-5	Евронормы	EN
<b>10Х2М (48ГН-1), 10Х2М-ВД</b>	Россия	ГОСТ
F 22	США	UNS
10 CrMo 9-10	Евронормы	EN
<b>12Х2МФА (48ТС-2), 12Х2МФА-А</b>	Россия	ГОСТ
SA 387 Cr22-2	США	UNS
<b>15Х2МФА (ТС-3-40), 15Х2МФА-А</b>	Россия	ГОСТ
A 542-1	США	AISI
<b>25Х2М1Ф (ЭИ 723)</b>	Россия	ГОСТ
21 CrMoV 5 7	Германия	DIN
24 CrMoV 5 5	Германия	DIN
<b>38Х2МЮА (38ХМЮА)</b>	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
<b>15Х2НМФА, 15Х2НМФА-А</b>	Россия	ГОСТ
17 CrNiMo 6	Германия	DIN
<b>38Х2Н2МА (38ХНМА)</b>	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
<b>40Х2Н2МА (40Х1НВА)</b>	Россия	ГОСТ
817 A 37	Великобритания	B.S.
40 NiCrMo 6	Германия	DIN
G 43400 (4340)	США	UNS
SNCM 439	Япония	JIS
<b>14Х2Н3МА</b>	Россия	ГОСТ
9310 H	США	SAE
<b>12Х2Н4А</b>	Россия	ГОСТ
3310 H	США	AISI/SAE
<b>20Х2Н4А</b>	Россия	ГОСТ
20H2N4A	Польша	PN

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>18X2H4MA (18X2H4BA)</b>	Россия	ГОСТ
(G) X 19 NiCrMo 4	Германия	DIN
SNCM 815	Япония	JIS
<b>30X3MФ</b>	Россия	ГОСТ
30CrMoV 9	Германия	DIN
<b>15X5M (12X5MA, X5M)</b>	Россия	ГОСТ
502	США	AISI
Z20CD5	Франция	AFNOR NF
1Cr5Mo	Китай	GB
STC 48	Япония	JIS
X11CrMo5	Евроноормы	EN
<b>15X6CЮ</b>	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
<b>65Г</b>	Россия	ГОСТ
Ck 67	Германия	DIN
1566	США	ASTM
<b>40XФА</b>	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
<b>50XФА</b>	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
<b>55C2</b>	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
<b>60C2</b>	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
<b>60C2A</b>	Россия	ГОСТ
65 Si 7	Германия	DIN
9260	США	ASTM
SUP 6	Япония	JIS
<b>65C2BA</b>	Россия	ГОСТ
45 SCD 6	Франция	AFNOR NF
<b>60C2XA</b>	Россия	ГОСТ
71 Si 7	Германия	DIN
65 Sc 7	Франция	AFNOR NF
<b>70C2XA</b>	Россия	ГОСТ
71 Si 7	Германия	DIN
<b>ШХ15</b>	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
<b>ШХ15СГ</b>	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
<b>95X18 (9X18, ЭИ 229)</b>	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
<b>10X9МФБ (ДИ 82)</b>	Россия	ГОСТ
A 335 (P 91)	США	ASTM
X10CrMoVNb 9-1	Германия	DIN
X10CrMoV Nb 9-1	Евронормы	EN
<b>40X9C2 (4X9C2, ЭСХ 8)</b>	Россия	ГОСТ
401 S 45	Великобритания	B.S.
G-X 45CrSi 9 3	Германия	DIN
ZG40Cr9Si2	Китай	GB

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>40X9C2 (4X9C2, ЭСХ 8)</b>	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
<b>40X10C2М (4X10C2М, ЭИ 107)</b>	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
<b>15X11МФ (1X11МФ)</b>	Россия	ГОСТ
15H11MF	Польша	PN
<b>18X11МНФБ (2X11МФБН, ЭП 291)</b>	Россия	ГОСТ
X 22 CrMoV 12-1 (1.4923) SUH 600	Германия Япония	DIN JIS
<b>13X11Н2В2МФ (ЭИ 961)</b>	Россия	ГОСТ
56 В 420 Z 20 C 13	Великобритания США Франция	B.S. AISI/SAE AFNOR NF
<b>15X12ВНМФ (ЭИ 802, ЭИ 952)</b>	Россия	ГОСТ
15H12WMF	Польша	PN
<b>37X12Н8Г8МФБ (ЭИ 481)</b>	Россия	ГОСТ
GH2036	Китай	GB
<b>08X13 (0X13, ЭИ 496)</b>	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
<b>12X13 (1X13)</b>	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
<b>20X13 (2X13)</b>	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
<b>30X13 (3X13)</b>	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
<b>40X13 (4X13)</b>	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
<b>08X14MФ</b>	Россия	ГОСТ
X12CrNiMoV 12-3	Евронормы	EN
X22CrMoV 12-1	Евронормы	EN
X19CrMoNbVN 11-1	Евронормы	EN
<b>05X14H5ДМ</b>	Россия	ГОСТ
X5CrNiCuNb 16-4	Евронормы	EN
X4CrNiCuNb 16-4	Евронормы	EN
X4CrNiMo 16-5-1	Евронормы	EN
<b>45X14H14B2М (ЭИ 69)</b>	Россия	ГОСТ
17322	Чехия и Словакия	CSN
X 45 CrNiW 18 9	Германия	EN
<b>07X16H6 (X16H6, ЭП 288)</b>	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
<b>08X16H13M2Б (ЭИ 405, ЭИ 680)</b>	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	Еврономы	EN
<b>08X17Т (0X17Т, ЭИ 645)</b>	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	Еврономы	EN
<b>12X17 (X17, ЭЖ 17)</b>	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	Еврономы	EN
<b>14X17H2 (1X17H2, ЭИ 268)</b>	Россия	ГОСТ
431 / 51431	США	AISI/SAE
Z 10 CN 17	Франция	AFNOR NF
SUS 44	Япония	JIS
<b>08X17H13M2Т (0X17H13M2Т)</b>	Россия	ГОСТ
X 10 CrNiMoTi 18 12	Германия	DIN
1Cr18Ni12Mo2Ti	Китай	GB
S 31635 // 316 Ti	США	UNS; AISI
SUS 316 Ti	Япония	JIS
<b>10X17H13M2Т (X17H13M2Т, ЭИ 448)</b>	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	Еврономы	EN
<b>10X17H13M3Т (X17H13M3Т, ЭИ 432)</b>	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
<b>03X17H14M3 (000X17H13M2)</b>	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
<b>03X17H14M3 (000X17H13M2)</b>	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
<b>08X17H15M3Т (ЭИ 580)</b>	Россия	ГОСТ
317	США	AISI/SAE
<b>12X18H9 (X18H9)</b>	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
<b>12X18H9Т (X18H9Т)</b>	Россия	ГОСТ
321 S 51	Великобритания	B.S.
<b>17X18H9 (2X18H9)</b>	Россия	ГОСТ
S 30200 (302; 30302)	США	UNS
STC 52 C	Япония	JIS
SUS 302	Япония	JIS
<b>08X18H10 (0X18H10)</b>	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
<b>08X18H10T (0X18H10T, ЭИ 914)</b>	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
<b>12X18H10T</b>	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
<b>08X18H12Б (ЭИ 402)</b>	Россия	ГОСТ
X 10 CrNiNb 18.9 347	Германия США	DIN AISI/SAE
<b>08X18H12T</b>	Россия	ГОСТ
S 524 S 526 H0Cr20Ni10Ti J 92630	Великобритания Великобритания Китай США	B.S. B.S. GB UNS
<b>12X18H12T (X18H12T)</b>	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
<b>31X19H9MBEГ (ЭИ 572)</b>	Россия	ГОСТ
651 A 458 K 63198	США США США	AISI ASTM UNS
<b>20X20H14C2 (X20H14C2, ЭИ 211)</b>	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
<b>08X22H6T (0X22H5T, ЭП 53)</b>	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
<b>20X23H13 (X23H13, ЭИ 319)</b>	Россия	ГОСТ
309 / 30309	США	AISI/SAE
<b>10X23H18</b>	Россия	ГОСТ
X8CrNi25-21 (1.4845)	Германия	DIN
310S	США	AISI/ASTM
<b>20X23H18 (X23H18, ЭИ 417)</b>	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
<b>15X25T (X25T, ЭИ 439)</b>	Россия	ГОСТ
446	США	AISI
<b>20X25H20C2 (X25H20C2, ЭИ 283)</b>	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
<b>У7</b>	Россия	ГОСТ
C 70 W 2	Германия	DIN
XC 65 COURANTS	Франция	AFNOR NF
SK 7	Япония	JIS
CT 70	Евронормы	EN
<b>У7А</b>	Россия	ГОСТ
C 70 U // C 70 W 1 (1520)	Германия	DIN
XC 65 FINS	Франция	AFNOR NF
CT 70	Евронормы	EN
<b>У8</b>	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
<b>У8А</b>	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
<b>У9</b>	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
<b>У9А</b>	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
<b>У10</b>	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
<b>У10А</b>	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
<b>У12</b>	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
<b>У12А</b>	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
<b>9XC</b>	Россия	ГОСТ
150 Cr 14	Германия	DIN
90 CrSi (2108)	Германия	DIN
<b>XBГ</b>	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	Евронормы	EN
<b>5XHM</b>	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	Евронормы	EN
<b>3X2B8Ф</b>	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	Евронормы	EN
<b>3X3M3Ф</b>	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	Евронормы	EN
<b>4X5MФ1С (ЭП 572)</b>	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	Евронормы	EN
<b>X6BФ</b>	Россия	ГОСТ
Z 100 CD 05	Франция	AFNOR NF
<b>X12</b>	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
<b>X12</b>	Россия	ГОСТ
SKD 1	Япония	JIS
X 210 Cr 12	Евронормы	EN
<b>X12MФ</b>	Россия	ГОСТ
X 165 CrMoV 12	Германия	DIN
D 2	США	AISI
Z 160 CDV 12	Франция	AFNOR NF
SKD 11	Япония	JIS
<b>X12BMФ</b>	Россия	ГОСТ
X 210 CrV 12	Германия	DIN
D 4	США	AISI
Z 200 CW 13	Франция	AFNOR NF
SKD 2	Япония	JIS
<b>9ХФ, 9Х1Ф</b>	Россия	ГОСТ
80 CrV 2	Германия	DIN
80 CDV 02	Франция	AFNOR NF
SKS 95	Япония	JIS
<b>9Х1 (9Х)</b>	Россия	ГОСТ
85 Cr 1 (2004)	Германия	DIN
<b>50ХН</b>	Россия	ГОСТ
3150	США	AISI /SAE
<b>11P3AM3Ф2</b>	Россия	ГОСТ
S 3-3-2 (HS 3-3-2); (ABC III)	Германия	DIN
<b>P6M5</b>	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
<b>P6M5K5</b>	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
<b>P9</b>	Россия	ГОСТ
65 WMo 34 8	Германия	DIN
<b>P18</b>	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
<b>P18K5Φ2</b>	Россия	ГОСТ
Z 85 WK 18-0.5	Франция	AFNOR NF
<b>15Л</b>	Россия	ГОСТ
CS-38	Германия	DIN
SC 360	Япония	JIS
<b>20Л</b>	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
<b>25Л</b>	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
<b>30Л</b>	Россия	ГОСТ
Grade 485-250	США	ASTM
Grade WCB	США	ASTM
LCB	США	ASTM
SC 450	Япония	JIS
<b>35Л</b>	Россия	ГОСТ
GS-52	Германия	DIN
1	США	ASTM
280-480 M (3)	Франция	AFNOR NF
SC 480	Япония	JIS
<b>40Л</b>	Россия	ГОСТ
3A	США	ASTM
SCC3	Япония	JIS
<b>45Л</b>	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
<b>50Л</b>	Россия	ГОСТ
GS-60	Германия	DIN
4A	США	ASTM
A 420C-M	Франция	AFNOR NF
SCC5A	Япония	JIS

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>20ГЛ</b>	Россия	ГОСТ
GS-20 Mn 5 (g 20 Mn 5)	Германия	DIN
<b>35ГЛ</b>	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
<b>20ГСЛ</b>	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
<b>30ГСЛ</b>	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
<b>110Г13Л</b>	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
<b>20ХМЛ</b>	Россия	ГОСТ
GS-17CrMo55	Германия	DIN
5	США	ASTM
18CD2.05-M	Франция	AFNOR NF
SCPH 21	Япония	JIS
<b>20ХМФЛ</b>	Россия	ГОСТ
GS-17 CrMoV5 11	Германия	DIN
SCPH23	Япония	JIS

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>35ХМЛ</b>	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	Евроноормы	EN
<b>35ХГСЛ</b>	Россия	ГОСТ
SCMnCr 3	Япония	JIS
<b>30ХНМЛ</b>	Россия	ГОСТ
10-А	США	ASTM
30 NCD8-М	Франция	AFNOR NF
<b>110Г13Х2БРЛ</b>	Россия	ГОСТ
1.3401 (X120Mn12)	Германия	DIN
<b>10Х12НДЛ</b>	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"
<b>06Х12НЗДЛ</b>	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	Евроноормы	EN
<b>15Х13Л</b>	Россия	ГОСТ
(G)-X10Cr13 (1.4006)	Германия	DIN
J91201	США	UNS
Z12C13-М	Франция	AFNOR NF
SCS1	Япония	JIS
<b>20Х13Л</b>	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
<b>08Х14НДЛ</b>	Россия	ГОСТ
410 S 21	Великобритания	B.S.
X 12 Cr 13	Германия	DIN
ZG15Cr13	Китай	GB

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>08X14HДЛ</b>	Россия	ГОСТ
J 91171 Z 10 C 13 F SUS 410 X12Cr13KD	США Франция Япония Евронормы	UNS AFNOR NF JIS EN
<b>06X14H5ДМФЛ</b>	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 Евронормы	DIN ASTM AFNOR NF EN
<b>08X15H4ДМЛ</b>	Россия	ГОСТ
G-X4CrNiCuNb 16 4 J 92180	Германия США	DIN UNS
<b>10X18H9Л</b>	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
<b>10X18H9ТЛ</b>	Россия	ГОСТ
G-X 10 CrNiTi 18-9 J 92630	Германия США	DIN UNS
<b>12X18H9ТЛ</b>	Россия	ГОСТ
G-X 10 CrNiTi 18-9 J 92630	Германия США	DIN UNS
<b>12X18H12МЗТЛ</b>	Россия	ГОСТ
G-X5 CrNiMoNb 18-10 J 92271 SCS20	Германия США Япония	DIN UNS JIS
<b>40X24H12СЛ (ЭИ 316Л)</b>	Россия	ГОСТ
309 C 30 GX 40 CrNiSi 25-12 J 93503 SCS 17	Великобритания Германия США Япония	B.S. DIN UNS JIS
<b>ХН32Т (ЭП 670)</b>	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 Евронормы	B.S. DIN GB ASTM UNS AFNOR NF JIS CSN EN

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>ХН65МВУ (ЭП 760)</b>	Россия	ГОСТ
Nicrofer 5923LMo Хастеллой С-276	Германия США	DIN AISI/SAE
<b>Х15Н60-Н</b>	Россия	ГОСТ
NiCr 60 15 Nichrome	Германия США	DIN ASTM
<b>Х20Н80-Н</b>	Россия	ГОСТ
NiCr 80 20 Nichrome V	Германия США	DIN AMS
<b>НП2</b>	Россия	ГОСТ
Ni 99,6	Германия	DIN
<b>АД00</b>	Россия	ГОСТ
Al 99,7 AA 1170 AA 1075 1070	Германия США США Япония	DIN ANSI ANSI JIS
<b>АД0</b>	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
<b>АД1</b>	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
<b>АМц</b>	Россия	ГОСТ
Al Mn AA 3003 3003	Германия США Япония	DIN ANSI JIS

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>AMr2</b>	Россия	ГОСТ
AlMg2	Германия	DIN
AA5052	США	ANSI
AA5252	США	ANSI
AA5352	США	ANSI
AA5652	США	ANSI
AA5151	США	ANSI
<b>AMr2</b>	Россия	ГОСТ
AA5351	США	ANSI
AA5454	США	ANSI
5052	Япония	JIS
5652	Япония	JIS
5454	Япония	JIS
<b>AMr3</b>	Россия	ГОСТ
AlMg3	Германия	DIN
AA5154	США	ANSI
AA5254	США	ANSI
AA5654	США	ANSI
5154	Япония	JIS
5254	Япония	JIS
<b>AMr5</b>	Россия	ГОСТ
AlMg5	Германия	DIN
AA5056	США	ANSI
5056	Япония	JIS
<b>AMr6</b>	Россия	ГОСТ
A 95556	США	ANSI
<b>AB</b>	Россия	ГОСТ
AA6009	США	ANSI
AA6010	США	ANSI
AA6070	США	ANSI
AA6073	США	ANSI
AA6110	США	ANSI
AA6151	США	ANSI
6151	Япония	JIS
<b>M1</b>	Россия	ГОСТ
ECu57	Германия	DIN
ECu58	Германия	DIN
C11000	США	ASTM
C1100	Япония	JIS

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>М2</b>	Россия	ГОСТ
C12500	США	ASTM
<b>М3</b>	Россия	ГОСТ
C1221	Япония	JIS
<b>ЛО62-1</b>	Россия	ГОСТ
CuZn38Sn1	Германия	DIN
ECu57	Германия	DIN
C46400	США	ASTM
C4621	Япония	JIS
C4640	Япония	JIS
<b>ЛО-Мш70-1-0,05</b>	Россия	ГОСТ
CuZn28Sn1 (2.0470)	Германия	DIN
C 44300	США	ASTM
C 4430	Япония	JIS
<b>Л68</b>	Россия	ГОСТ
CuZn33Sn1 (2.0280)	Германия	DIN
C 26800	США	ASTM
C 2680	Япония	JIS
<b>ЛС59-1</b>	Россия	ГОСТ
CuZn40Pb2 (2.0402)	Германия	DIN
C 38000	США	ASTM
<b>ЛАМш77-2-0,05</b>	Россия	ГОСТ
CUzN20Al2(2 0460)	Германия	DIN
C68700	США	ASTM
6870	Япония	JIS
<b>ЛЦ23А6ЖЗМц2 (ЛАЖМц 66-6-3-2)</b>	Россия	ГОСТ
C 86200	США	ASTM
C 86300	США	ASTM
H5 102 / class 3	Япония	JIS
H5 102 / class 4	Япония	JIS
<b>МНЖ5-1 (CuNi5Fe1Mn)</b>	Россия	ГОСТ
C70400	США	ASTM
<b>МНЖМц30-1-1</b>	Россия	ГОСТ
CuNi30Mn1Fe (2.0882)	Германия	DIN
C 71500	США	ASTM
C 71150	Япония	JIS

Продолжение таблицы

Марка	Страна	НД
<b>НМЖМц28-2,5-1,5 (монель)</b>	Россия	ГОСТ
NA 13	Великобритания	B.S.
LC-Ni-Cr 30 Fe	Германия	DIN
D 366	США	ASTM
NW4402	Япония	JIS
<b>БрА10ЖЗМц2 (БрАЖМц 10-3-1,5)</b>	Россия	ГОСТ
CuAl10Fe3Mn2 (2.0936)	Германия	DIN
<b>БрБ2</b>	Россия	ГОСТ
CuBe2 (2.1447)	Германия	DIN
C 17200	США	ASTM
C 1720	Япония	JIS
<b>БрО5Ц5С5 (БрОЦС 5-5-5)</b>	Россия	ГОСТ
R 5 (2.1447)	Германия	DIN
C 83800	США	ASTM
H 5111 / class 6,6C	Япония	JIS
<b>BT1-0</b>	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
<b>BT1-00</b>	Россия	ГОСТ
3.7024	Германия	DIN
3.7025	Германия	DIN
Grade 1	США	ASTM
CP, YS=25ksi (172,5 Н/мм <sup>2</sup> )	США	AMS
<b>BT5-1</b>	Россия	ГОСТ
IMI 317	Великобритания	IMI prosp.
TiAl5Sn2,5	Германия	DIN
Grade 6	США	ASTM
Ti-P.65	Франция	AESMA
SAT-525	Япония	Prospect
<b>Н-1 (Zr+1%Nb, Э 110, Э 110 о.ч.), Н-2,5 (Zr+2,5%Nb, Э 125), Э 635</b>	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 <sub>10</sub> , 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 <sub>10</sub> , 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 <sub>10</sub> , 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 <sub>10</sub> , 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 <sub>10</sub> , 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 <sub>10</sub> , 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 <sub>10</sub> , 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 <sub>10</sub> , 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 <sub>10</sub> , 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 <sub>10</sub> , 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 <sub>10</sub> , 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 $\geq 500$
	ГОСТ 19904-90	Прокат листовой холоднокатаный. Сортамент	Толщина 0,35–5; ширина $\geq 500$
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 кованые. Сортамент	<p>Прутки из жаропрочных, жаростойких и коррозионно-стойких труднодеформируемых сплавов горячекатаные круглого сечения: диаметр 10–55</p> <p>Прутки кованые круглого и квадратного сечения: диаметр или сторона квадрата 60–200</p>
	ГОСТ 7419-90	Прокат стальной горячекатаный для рессор. Сортамент	<p>Прокат трапециевидно-ступенчатый: ширина 4,5–120; толщина 6–20</p> <p>Прокат Т-образный: ширина 65–120; толщина 9–20</p> <p>Прокат трапециевидный: ширина 45–65; толщина 6–12</p> <p>Прокат желобчатый: ширина 63–120; толщина 7–16</p>

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
	ГОСТ 8281-80	Швеллеры стальные гнутые неравнополочные. Сортамент	Швеллеры из углеродистой спокойной и низколегированной стали: высота стенки 25–310; ширина полки 20–180; 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 овальные. 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. Определе- ние величины зерна методом сравнения со шкалой микро- структур.	ГОСТ 22411-77	Прутки из сплавов горяче- катаные и кованные. Сорта- мент.
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 де- фектоскопии.	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 электротехни- ческая холоднокатаная ани- зотропная. Технические усло- вия.	ГОСТ 22536.5-87	Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения марганца.
ГОСТ 21488-97	Прутки прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические усло- вия.	ГОСТ 22536.6-88	Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения мышьяка.
ГОСТ 21631-76	Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. Техни- ческие 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 холоднока- таная термообработанная. Технические условия.	ГОСТ 22536.9-88	Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения никеля.
ГОСТ 21997-76	Лента стальная плющенная высокой прочности. Техни- ческие условия.	ГОСТ 22536.10-88	Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Метод определения алюминия.
ГОСТ 22176-76	Листы из титана и титановых сплавов. Технические усло- вия.	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 кованные 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.	ОСТ 95-29-72 Заготовки из коррозионно-стойких сталей марок 12X18H9T, 12X18H10T, 08X18H10T, 10X17H13M2T, 12X18H12T и 03X21H32M3B.
ГОСТ Р 50779.10-2000 (ИСО 35341-93) Статистические методы. Вероятность и основы.	ОСТ 95-695-78 Реакторы ядерные, уран-графитовые, каналные типа РБМК. Общие и технические требования по коррозионной стойкости.
ГОСТ Р 51685-2000 Рельсы железнодорожные. Общие технические условия.	ОСТ 108.004.101-80 Контроль неразрушающий. Люминесцентные, цветные и люминесцентно-цветные методы. Основные положения.
ГСССД 55-83 Стали для валков горячей и холодной прокатки. Механические и теплофизические характеристики.	ОСТ 108.020.03-82 Заготовки лопаток турбин и компрессоров штампованные из коррозионно-стойкой и жаропрочной стали. Общие технические условия.
ГСССД 116-88 Коррозионно-стойкая сталь 10X13Г12С2Н2Д2 (ДИ 59). Условный предел длительной прочности при температурах 500...650°С.	ОСТ 108.020.123-78 Заготовки лопаток турбин точноштампованные. Технические условия.
ОСТ 24.013.04-90 Валки стальные кованные листовых станов для горячей прокатки черных металлов. Технические условия.	ОСТ 108.030.01-75 Котлы паровые. Методика коррозионных испытаний.
ОСТ 24.013.20-90 Валки стальные кованные для холодной прокатки металлов. Технические условия.	ОСТ 108.30.113-87 Поковки из углеродистой и легированной стали для оборудования и трубопроводов тепловых и атомных станций. 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 108.30.118-78 Листы из стали марки 16ГНМА для барабанов котлов высокого давления. Технические условия.
ОСТ 26-07-1419-76 Поковки, штамповки и заготовки проката для трубопроводной арматуры.	ОСТ 108.109.01-92 Заготовки корпусных деталей из коррозионно-стойких сталей аустенитного класса. Технические условия.
ОСТ 95-10-72 Заготовки из коррозионно-стойких сталей марок 12X13, 20X13, 30X13, 40X13, 95X18, 14X17H2, 07X16H4Б и 07X16H4Б-Ш.	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.: Metallurgia, 1983. 192 с.

4. **Стали и сплавы. Марочник.** Справ. изд. /Сорокин В.Г. и др. Науч. ред. В.Г. Сорокин, М.А. Гервасьев. М.: Интернет 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.: Metallurgia, 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.: Metallurgia, 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  $\beta$ -раствора в сплавах титана. Справочник термиста. 3-е изд. М.: Metallurgia, 1991. 500 с.

15. **Коррозионно-стойкие, жаростойкие и высокопрочные стали и сплавы.** Справ. изд. /Шлямнев А.П. и др. М.: Интернет 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.: Интернет 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 турбо-строении. 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. **Tsuchiyama 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. **Bergt K., Bergt M.** 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. Рябченкова, 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., Чиченев 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. Рябченкова. 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. **Фоминых 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