

# **СТАЛИ И СПЛАВЫ**

## **МАРОЧНИК**

Под редакцией  
В. Г. Сорокина, М. А. Гервасьева

Справочник

Этот электронный документ предназначен только для частного использования в образовательных целях.

Любая форма продажи и перепродажи этого электронного документа запрещена!

Переведён в формат DeJaVu (.djvu) и снабжён гиперссылками **by SPA**.

*P.S.: Не каждый человек (тем более студент) может себе позволить купить справочник*

**ПЕРЕЙТИ К ОГЛАВЛЕНИЮ**

Москва  
"ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ"  
2001

УДК [621.002.3-034.14:006](035)

ББК 34.2(2)я2

С77

*Составители:* В. Г. Сорокин, М. А. Гервасьев, В. С. Палеев, И. В. Гервасьева,  
С. Я. Палеева

**Стали и сплавы. Марочник:** Справ. изд. / В.Г. Сорокин и др.; Науч.  
С77 ред. В.Г. Сорокин, М.А. Гервасьев — М.: «Интермет Инжиниринг», 2001.  
— 608 с.: ил.

ISBN 5-89594-056-0

Справочник содержит 380 марок сталей и сплавов черных металлов. Для каждой марки указаны назначение, виды поставки, химический состав, механические свойства в зависимости от состояния поставки, температуры испытаний, режимов термообработки, поперечного сечения заготовок, места и направления вырезки образца, технологические и физические свойства.

Для работников металлургических предприятий, а также специалистов различных отраслей промышленности, занимающихся производством, сбытом и потреблением металла, а также для сотрудников научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов, преподавателей и студентов вузов.

УДК [621.002.3-034.14:006](035)

ББК 34.2(2)я2

ISBN 5-89594-056-0

© Сорокин В.Г., Гервасьев М.А., Палеев В.С., Гервасьева И.В.,  
Палеева С.Я., составление, 2001

© Оформление. «Интермет Инжиниринг», 2001

### Справочное издание

*Составители:* Сорокин Виктор Георгиевич, Гервасьев Михаил Антонович, Палеев Владимир Семенович, Гервасьева Ирина Владимировна, Палеева Светлана Яковлевна

### СТАЛИ И СПЛАВЫ. МАРОЧНИК

*Редактор Э.М. Щербинина*

*Корректор Ю.И. Королева*

*Компьютерная вёрстка О.А. Москвина*

Изд. лиц. код 221 ЛР № 090171 от 17.04.97. Подписано в печать 28.05.01. Формат 70×100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. офсетная № 1. Гарнитура «Таймс». Усл.печ.л. 49,0. Уч.-изд. л. 43,65. Тираж 1000 экз. Заказ № 17 00

«Интермет Инжиниринг»

103006, Москва, Старопименовский пер., д. 8, стр. 1-1А

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета  
в ППП «Типография «Наука» 121099, Москва, Шубинский пер., 6

ISBN 5-89594-056-0



9 785895 940563

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	7	Сталь АС38ХГМ .....	87
Классификация сталей и сплавов .....	10	Сталь АС40ХГНМ .....	88
<b>Раздел 1. Сталь конструкционная</b> .....	19	Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций ..	89
Общие сведения .....	19	Сталь 09Г2 .....	89
Сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества общего назначения	23	Сталь 14Г2 .....	90
Сталь Ст0 .....	23	Сталь 12ГС .....	92
Сталь ВСт2кп .....	24	Сталь 16ГС .....	93
Сталь ВСт2пс .....	25	Сталь 17ГС .....	94
Сталь ВСт2сп .....	26	Сталь 17Г1С .....	95
Сталь ВСт3кп .....	28	Сталь 09Г2С .....	96
Сталь ВСт3пс .....	29	Сталь 10Г2С1 .....	98
Сталь ВСт3сп .....	30	Сталь 10Г2БД .....	99
Сталь ВСт3Гпс .....	32	Сталь 15Г2СФД .....	100
Сталь ВСт4кп .....	34	Сталь 14Г2АФ .....	101
Сталь ВСт4пс .....	35	Сталь 16Г2АФ .....	102
Сталь ВСт5пс .....	36	Сталь 18Г2АФпс .....	103
Сталь ВСт5сп .....	37	Сталь 14ХГС .....	104
Сталь ВСт6пс .....	39	Сталь 15Г2АФДпс .....	105
Сталь ВСт6сп .....	40	Сталь 20ХГ2Ц .....	106
Сталь конструкционная углеродистая качественная .....	42	Сталь 10ХСНД .....	107
Сталь 05кп .....	42	Сталь 10ХНДП .....	109
Сталь 08 .....	43	Сталь 15ХСНД .....	110
Сталь 08 (кп, пс) .....	44	Сталь 35ГС .....	112
Сталь 10 .....	46	Сталь 25Г2С .....	113
Сталь 10 (кп, пс) .....	47	Сталь конструкционная легированная ..	114
Сталь 15 .....	49	Сталь 15Х .....	114
Сталь 15 (кп, пс) .....	51	Сталь 20Х .....	116
Сталь 18кп .....	52	Сталь 30Х .....	119
Сталь 20 (20А) .....	53	Сталь 35Х .....	120
Сталь 20 (кп, пс) .....	55	Сталь 38ХА .....	122
Сталь 25 .....	57	Сталь 40Х .....	124
Сталь 30 .....	59	Сталь 45Х .....	127
Сталь 35 .....	61	Сталь 50Х .....	129
Сталь 40 .....	64	Сталь 15Г .....	131
Сталь 45 .....	67	Сталь 35Г .....	133
Сталь 50 .....	70	Сталь 20Г .....	134
Сталь 55 .....	73	Сталь 30Г .....	135
Сталь 58 (55ПП) .....	76	Сталь 40Г .....	137
Сталь 60 .....	77	Сталь 45Г .....	140
Сталь 08Ю .....	79	Сталь 50Г .....	142
Сталь 0сВ .....	80	Сталь 10Г2 .....	144
Сталь конструкционная повышенной обрабатываемости .....	80	Сталь 35Г2 .....	145
Сталь А12 .....	80	Сталь 40Г2 .....	148
Сталь А20 .....	82	Сталь 45Г2 .....	150
Сталь А30 .....	82	Сталь 50Г2 .....	152
Сталь А40Г .....	83	Сталь 47ГТ .....	153
Сталь АС12ХН .....	84	Сталь 18ХГ .....	154
Сталь АС14ХГН .....	85	Сталь 18ХГТ .....	155
Сталь АС19ХГН .....	85	Сталь 25ГС .....	157
Сталь АС35Г2 .....	86	Сталь 20ХГР .....	158
Сталь АС30ХМ .....	87	Сталь 30ХГТ .....	160
		Сталь 15ХФ .....	162
		Сталь 40ХФА .....	164
		Сталь 40ХМФА .....	165

Сталь 33ХС . . . . .	167	Сталь 22К . . . . .	269
Сталь 25ХГТ . . . . .	169	Сталь 12МХ . . . . .	271
Сталь 38ХС . . . . .	170	Сталь 12Х1МФ . . . . .	272
Сталь 40ХС . . . . .	171	Сталь 25Х1МФ . . . . .	274
Сталь 20ХГСА . . . . .	173	Сталь 25Х2М1Ф . . . . .	276
Сталь 25ХГСА . . . . .	174	Сталь 20Х3МВФ . . . . .	279
Сталь 30ХГС . . . . .	176	Сталь 15Х5М . . . . .	280
Сталь 30ХГСА . . . . .	179	Сталь 15ХМ . . . . .	282
Сталь 35ХГСА . . . . .	182	Сталь конструкционная подшипниковая . . . . .	284
Сталь 30ХМ (30ХМА) . . . . .	184	Сталь ШХ15 . . . . .	284
Сталь 35ХМ . . . . .	186	Сталь ШХ15СГ . . . . .	286
Сталь 38ХМА . . . . .	189	Сталь 95Х18 . . . . .	288
Сталь 14Х2ГМР . . . . .	191	Сталь ШХ4 . . . . .	289
Сталь 20ХН . . . . .	192	Сталь конструкционная рессорно- пружинная . . . . .	289
Сталь 40ХН . . . . .	194	Сталь 65 . . . . .	289
Сталь 45ХН . . . . .	197	Сталь 70 . . . . .	291
Сталь 50ХН . . . . .	199	Сталь 75 . . . . .	292
Сталь 20ХНР . . . . .	201	Сталь 85 . . . . .	293
Сталь 12ХН2 (12ХН2А) . . . . .	203	Сталь 60Г . . . . .	294
Сталь 12ХН3А . . . . .	205	Сталь 65Г . . . . .	295
Сталь 20Х2М . . . . .	208	Сталь 55С2 . . . . .	297
Сталь 12Х2Н4А . . . . .	209	Сталь 60С2 . . . . .	299
Сталь 25Х2Н4МА . . . . .	211	Сталь 60С2А . . . . .	302
Сталь 30ХН3А . . . . .	212	Сталь 70С3А . . . . .	304
Сталь 20ХН3А . . . . .	214	Сталь 55ХГР . . . . .	305
Сталь 20Х2Н4А . . . . .	217	Сталь 50ХФА . . . . .	306
Сталь 38ХГН . . . . .	219	Сталь 60С2Н2А . . . . .	309
Сталь 20ХГНР . . . . .	221	Сталь 60С2ХА . . . . .	310
Сталь 30ХГСН2А . . . . .	224	Сталь 60С2ХФА . . . . .	312
Сталь 20ХН2М (20ХНМ) . . . . .	226	Сталь 65С2ВА . . . . .	313
Сталь 30ХН2МА . . . . .	227	<b>Раздел 2. Сталь инструментальная . . . . .</b>	<b>315</b>
Сталь 30Х3МФ . . . . .	229	Общие сведения . . . . .	315
Сталь 38Х2Ю . . . . .	230	Сталь инструментальная углеродистая . . . . .	317
Сталь 38Х2Н2МА . . . . .	231	Сталь У7, У7А . . . . .	317
Сталь 40ХН2МА . . . . .	233	Сталь У8, У8А . . . . .	319
Сталь 40Х2Н2МА . . . . .	236	Сталь У9, У9А . . . . .	321
Сталь 38ХН3МА . . . . .	238	Сталь У10, У10А . . . . .	323
Сталь 18Х2Н4МА (18Х2Н4ВА) . . . . .	240	Сталь У12, У12А . . . . .	325
Сталь 30ХН3М2ФА . . . . .	242	Сталь инструментальная легированная . . . . .	327
Сталь 38ХН3МФА . . . . .	243	Сталь 9Х1 . . . . .	327
Сталь 45ХН2МФА . . . . .	245	Сталь ХВ4Ф . . . . .	329
Сталь 20ХН4ФА . . . . .	247	Сталь 9ХС . . . . .	330
Сталь 38Х2МЮА . . . . .	249	Сталь ХВГ . . . . .	332
Сталь 35ХН1М2ФА . . . . .	252	Сталь 9ХВГ . . . . .	333
Сталь 38Х2Н3М . . . . .	253	Сталь инструментальная штамповая . . . . .	335
Сталь 34ХН1М . . . . .	254	Сталь Х6ВФ . . . . .	335
Сталь 30ХН2МФА . . . . .	256	Сталь Х12 . . . . .	336
Сталь 36Х2Н2МФА . . . . .	258	Сталь Х12Ф1 . . . . .	337
Сталь 34ХН3М . . . . .	260	Сталь Х12МФ . . . . .	339
Сталь 38Х2НМ . . . . .	261	Сталь Х12ВМ . . . . .	341
Сталь 38Х2НМФ . . . . .	262	Сталь 7ХГ2ВМФ . . . . .	342
Сталь конструкционная теплоустойчивая . . . . .	263	Сталь 7Х3 . . . . .	344
Сталь 12К . . . . .	263	Сталь 8Х3 . . . . .	345
Сталь 15К . . . . .	264	Сталь 5ХНМ . . . . .	346
Сталь 16К . . . . .	266	Сталь 5ХГМ . . . . .	347
Сталь 18К . . . . .	266	Сталь 4ХМФС . . . . .	349
Сталь 20К . . . . .	267		

Сталь 4Х5МФ1С	350	Сталь 20Х23Н18	422
Сталь 4Х5МФС	352	Сталь 10Х23Н18	424
Сталь 3Х3М3Ф	353	Сталь 20Х25Н20С2	425
Сталь 3Х2В8Ф	354	Сталь 15Х12ВНМФ	426
Сталь 3Х2Н2МВФ	356	Сталь 20Х12ВНМФ	428
Сталь 27Х2Н2М1Ф	357	Сталь 37Х12Н8Г8МФБ	430
Сталь 6ХС	357	Сталь 13Х11Н2В2МФ	431
Сталь 4ХВ2С	359	Сталь 45Х14Н14В2М	432
Сталь 5ХВ2С	360	Сталь 40Х15Н7Г7Ф2МС	434
Сталь 6ХВ2С	361	Сталь 08Х17Н13М2Т	435
Сталь 6ХВГ	363	Сталь 10Х17Н13М2Т	436
Сталь 40Х5МФ	364	Сталь 31Х19Н9МВБТ	437
Сталь 4Х2НМФ	365	Сталь 10Х14Г14Н4Т	439
Сталь инструментальная валковая	366	Сталь 14Х17Н2	441
Сталь 9Х2	366	Сталь 12Х18Н9	444
Сталь 90ХФ	367	Сталь 17Х18Н9	446
Сталь 9Х2МФ	369	Сталь 08Х18Н10	448
Сталь 75ХМ	370	Сталь 12Х18Н9Т	449
Сталь 75ХСМФ	372	Сталь 12Х18Н10Т	452
Сталь 60ХСМФ	373	Сталь 08Х18Н10Т	453
Сталь 60Х2СМФ	373	Сталь 12Х18Н12Т	455
Сталь 55Х	374	Сталь 08Х18Г8Н2Т	456
Сталь 60ХН	376	Сталь 20Х20Н14С2	458
Сталь 45ХНМ	378	Сталь 08Х22Н6Т	459
Сталь 7Х2СМФ	379	Сталь 12Х25Н16Г7АР	460
Сталь 60ХГ	379	Сплав 06ХН28МДТ	462
Сталь 90ХМФ	381	Сплав ХН35ВТ	464
Сталь 75ХМФ	382	Сплав ХН35ВТЮ	465
Сталь инструментальная быстрорежущая	383	Сплав ХН70У	467
Сталь Р6М3	383	Сплав ХН70ВМЮТ	468
Сталь Р6М5	383	Сплав ХН70ВМТЮФ	470
Сталь Р6М5К5	384	Сплав ХН77ТЮР	472
Сталь Р9	386	Сплав ХН78Т	473
Сталь Р9М4К8	387	Сплав ХН80ТБЮ	475
Сталь Р12	389	Сталь 15Х11МФ	476
Сталь Р18	390	Сталь 13Х14Н3В2ФР (ЭИ736)	478
Сталь Р18Ф2	391	Сталь 10Х7МВФБР (ЭП505)	479
<b>Раздел 3. Сталь и сплавы коррозионно-</b>		Сталь 18Х11МНФБ (ЭП291)	481
<b>стойкие, жаростойкие, жаропрочные,</b>		Сталь 13Х12Н2В2МФ (ЭИ961)	481
<b>износостойкие</b>	393	Сталь 18Х12ВМБФР (ЭП993)	483
Общие сведения	393	Сталь 12Х2МВ8ФБ (ЭП503)	484
Сталь 40Х9С2	396	Сталь 40Х10С2М (ЭИ107)	486
Сталь 40Х10С2М	397	Сталь 4Х14Н14В2М (ЭИ69)	487
Сталь 08Х13	399	Сталь 10Х11Н20Т3Р (ЭИ696)	488
Сталь 12Х13	400	Сталь 10Х11Н23Т3МР	489
Сталь 20Х13	403	Сталь 09Х14Н19В2БР (ЭИ695Р)	490
Сталь 30Х13	406	Сталь 08Х16Н13М2Б (ЭИ680)	491
Сталь 40Х13	408	Сплав ХН67МВТЮ (ЭИ202)	492
Сталь 10Х14АГ15	410	Сплав ХН73МБТЮ (ЭИ698)	493
Сталь 12Х17	411	Сплав ХН65ВМТЮ (ЭИ893)	494
Сталь 08Х17Т	413	Сплав ХН62МВКЮ (ЭИ867)	496
Сталь 95Х18	414	Сплав ХН55ВМКЮ (ЭП109)	497
Сталь 08Х18Т1	416	Сплав ХН55ВМТКЮ (ЭИ929)	497
Сталь 15Х25Т	417	Сплав ХН62МБВЮ (ЭП709)	499
Сталь 15Х28	418	Сплав ХН60КМВЮБ (ЭП800)	500
Сталь 25Х13Н2	420	<b>Раздел 4. Сталь для отливок</b>	502
Сталь 20Х23Н13	421	Общие сведения	502

Сталь 15Л . . . . .	503	Сталь 2412 . . . . .	555
Сталь 20Л . . . . .	504	Сталь электротехническая холоднока-	
Сталь 25Л . . . . .	505	таная анизотропная тонколистовая	557
Сталь 30Л . . . . .	507	Сталь 3406 . . . . .	557
Сталь 35Л . . . . .	508	Сталь 3408 . . . . .	558
Сталь 40Л . . . . .	510	Лента стальная электротехническая хо-	
Сталь 45Л . . . . .	511	лоднокатаная анизотропная . . . . .	559
Сталь 50Л . . . . .	513	Сталь 3425 . . . . .	559
Сталь 55Л . . . . .	514	Сплавы прецизионные магнитно-	
Сталь 35ГЛ . . . . .	515	мягкие . . . . .	561
Сталь 30ГСЛ . . . . .	516	Сплав 50Н . . . . .	561
Сталь 20ФЛ . . . . .	517	Сплав 81НМА . . . . .	562
Сталь 45ФЛ . . . . .	518	Сплав 49К2Ф . . . . .	563
Сталь 40ХЛ . . . . .	519	Сплавы прецизионные магнитно-твердые	563
Сталь 20ХГСФЛ . . . . .	520	Сплав 52К13Ф . . . . .	563
Сталь 30ХГФРЛ . . . . .	521	Сплав 35КХ8Ф . . . . .	564
Сталь 30ХГСФЛ . . . . .	522	Сплав ЕХ3 . . . . .	565
Сталь 35ХГСЛ . . . . .	522	Сплавы прецизионные с заданным тем-	
Сталь 35ХМЛ . . . . .	524	пературным коэффициентом линей-	
Сталь 35ХМФЛ . . . . .	526	ного расширения . . . . .	566
Сталь 32Х06Л . . . . .	526	Сплав 36НХ . . . . .	566
Сталь 08ГДНФЛ . . . . .	527	Сплавы прецизионные с заданными	
Сталь 12ДН2ФЛ . . . . .	529	свойствами упругости . . . . .	567
Сталь 20ХГСНДМЛ . . . . .	530	Сплав 42НХТЮ . . . . .	567
Сталь 45ГЛ . . . . .	532	Сплав 40КХНМ . . . . .	567
Сталь 25ГСЛ . . . . .	533	Сплавы прецизионные сверхпроводящие	568
Сталь 35ХНЛ . . . . .	534	Сплав 70ТМ-ВД . . . . .	568
Сталь 35ХН2МЛ . . . . .	535	Сплавы прецизионные с высоким	
Сталь 14Х2ГМРЛ . . . . .	535	электрическим сопротивлением . . . . .	569
Сталь 80ГСЛ . . . . .	536	Сплав Х23Ю5Т . . . . .	569
Сталь 20ХМЛ . . . . .	537	Сплав Х27Ю5Т . . . . .	570
Сталь 20ГНМФЛ . . . . .	538	Сплав Х15Н60-Н . . . . .	570
Сталь 15ГНЛ . . . . .	539	Сплав Х20Н80-Н . . . . .	571
Сталь 20Х13Л . . . . .	539	Сплавы прецизионные — термобиметаллы	572
Сталь 10Х18Н9Л . . . . .	541	Термобиметалл ТБ160/122	
Сталь 12Х18Н9ТЛ . . . . .	541	(ТБ1613) . . . . .	572
Сталь 20Х20Н14С2Л . . . . .	543	Стали немагнитные повышенной	
Сталь 20Х25Н19С2Л . . . . .	543	прочности . . . . .	572
Сталь 40Х24Н12СЛ . . . . .	544	Сталь 60Х3Г8НВ . . . . .	572
Сталь 25Х2НМЛ . . . . .	545	Сталь 60Х3Г8Н8В . . . . .	573
Сталь 110Г13Л . . . . .	546	Сталь 12Х18АГ18-Ш . . . . .	573
<b>Раздел 5. Стали и сплавы с особыми</b>		<b>Приложение 1. Физические свойства</b> . . . . .	574
<b>физическими свойствами</b> . . . . .	547	<b>Приложения 2. Зарубежные аналоги</b>	
<b>Общие сведения</b> . . . . .	547	<b>некоторых отечественных марок</b>	
<b>Сталь электротехническая холодно-</b>		<b>сталей</b> . . . . .	584
<b>катаная изотропная тонколи-</b>			
<b>стовая</b> . . . . .	553	<b>Приложение 3. Перевод твердости по</b>	
Сталь 2212 . . . . .	553	<b>Бринеллю, Роквеллу, Вickersу и</b>	
Сталь 2311 . . . . .	554	<b>Шору [82]</b> . . . . .	595-597
		<b>Библиографический список</b> . . . . .	601

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Черные металлы являются основным материалом, который используют в различных отраслях промышленности: в машиностроении, авиа- и судостроении, для изготовления металлоконструкций для промышленного и жилищного строительства, транспортных коммуникаций, оборонной техники. Стали и сплавы характеризуются различной структурой, качеством, видом поставки и уровнем физико-механических и эксплуатационных свойств. Все это затрудняет выбор материала для конкретного изделия.

При выходе на международный рынок задача получения полного комплекса свойств того или иного, металла становится еще более актуальной, так как позволяет найти равноценный отечественный заменитель иностранным маркам сталей как по составу, так и по свойствам.

Существующие разрозненные сведения содержатся в нормативно-технической документации (ГОСТах, ОСТах, ТУ, РТМ и т.п.) в различных научно-технических изданиях – монографиях, статьях, отчетах. В справочниках приведены сведения для различных групп материалов, в зависимости от их состава и назначения. Наибольший объем систематизированных данных по свойствам черных металлов, выпускаемых отечественными предприятиями, был собран в марочниках, выпущенных в 1977 и 1989 гг. [81, 82].

Основная цель данного справочника – облегчить специалистам различных отраслей промышленности, занимающимся производством, сбытом и потреблением металла, а также сотрудникам научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов, преподавателям и студентам вузов, получение справочных данных об основных свойствах и характеристиках сталей, необходимых для обоснованного выбора марки материала для металлоизделий.

Справочник содержит сведения о 380 наиболее распространенных марках сталей и сплавов, выпускаемых в России. Особенностью справочника является то, что данные о назначении, виде поставки, химическом составе и свойствах каждой марки стали или сплава приводятся комплексно.

По сравнению с ранее опубликованными справочниками в данном издании содержатся много новых марок сталей, особенно жаропрочных. В отдельном разделе представлены стали и сплавы с особыми физическими свойствами. Для некоторых сталей расширены данные по свойствам. ГОСТы на все марки сталей и сплавов приведены в соответствии с действующей нормативно-технической документацией. Для наиболее распространенных конструктивных и некоторых других марок сталей и сплавов в Приложении приведена таблица зарубежных аналогов.

Марочник состоит из шести разделов:

1 – стали конструкционные; 2 – стали инструментальные; 3 – стали и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие, жаропрочные, износостойкие; 4 – сталь для отливок; 5 – стали и сплавы с особыми физическими свойствами.

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

### Условные обозначения

- $\sigma_B$  — временное сопротивление разрыву (предел прочности при растяжении), МПа;  
 $\sigma_{0,05}$  — предел упругости, МПа;  
 $\sigma_{0,2}$  — предел текучести условный, МПа;  
 $\delta_5, \delta_4, \delta_{10}$  — относительное удлинение после разрыва, %;  
 $\psi$  — относительное сужение, %;  
*KCU* и *KCV* — ударная вязкость, определенная на образце с концентраторами соответственно вида U и V, Дж/см<sup>2</sup>;  
 $\sigma_{сж0,2}$  — предел текучести при сжатии, МПа;  
 $\sigma_{сж}$  — предел прочности при сжатии, МПа;  
 $\varepsilon$  — относительная осадка при появлении первой трещины, %;  
 $\tau_K$  — предел прочности при кручении, максимальное касательное напряжение, МПа;  
 $v$  — относительный сдвиг, %;  
 $\sigma_{изг}$  — предел прочности при изгибе, МПа;  
 $\sigma_{-1}$  — предел выносливости при испытании на изгиб с симметричным циклом нагружения, МПа;  
 $\tau_{-1}$  — предел выносливости при испытании на кручение с симметричным циклом нагружения, МПа;  
 $n$  — количество циклов нагружения;  
 $\sigma'_{\%/ч}$  — предел ползучести для данного процента (%) остаточной деформации за определенное время испытаний (ч) при температуре ( $t$ ), МПа;  
 $\sigma'_T$  — предел длительной прочности, МПа;  
*HRC<sub>3</sub>* — твердость по Роквеллу, шкала С;  
*HRB* — твердость по Роквеллу, шкала В;  
*HB* — твердость по Бринеллю;  
*HV* — твердость по Виккерсу;  
*HSD* — твердость по Шору;  
 $K_{v\text{ тв.спл}}$  и  $K_{v\text{ б.ст}}$  — коэффициенты обрабатываемости для условий точения резцами соответственно твердосплавными и из быстрорежущей стали;  
 $E$  — модуль упругости нормальный, ГПа;  
 $G$  — модуль упругости при сдвиге кручением, ГПа;  
 $\rho_n$  — плотность, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\lambda$  — коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С);  
 $\rho$  — удельное электросопротивление, Ом·м;  
 $\alpha$  — коэффициент линейного расширения, 10<sup>-6</sup> 1/°С;  
 $c$  — удельная теплоемкость, Дж/(кг·°С).



### Принятые сокращения

- ХТО — химико-термическая обработка;
- ТВЧ — нагрев токами высокой частоты;
- МКК — межкристаллитная коррозия;
- ВТМО — высокотемпературная механическая обработка;
- НТМО — низкотемпературная механическая обработка;
- РДС — ручная дуговая сварка;
- АДС — автоматическая дуговая сварка;
- ЭШС — электрошлаковая сварка;
- КТС — контактная сварка;
- АрДС — аргонодуговая сварка;
- КП — категория прочности;
- Пр — продольное направление вырезки образцов;
- П — поперечное направление вырезки образцов;
- Т — тангенциальное направление вырезки образцов;
- Ц — образцы вырезаны из центральной зоны;
- К — образцы вырезаны из приповерхностной зоны.

## КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

### Основные определения и понятия

*Сталь* — сплав железа с углеродом (до 2,1 %) и другими химическими элементами.

*Легирующие элементы* — химические элементы, специально введенные в сталь для получения требуемых строения, структуры, физико-химических и механических свойств.

Основными легирующими элементами в сталях являются Mn, Si, Cr, Ni, Mo, W, Co, Cu, Ti, V, Zr, Nb, Al, B. В некоторых сталях легирующими элементами могут быть также P, N, Se, Pb и др. Перечисленные элементы, а также H, O, Sn, Sb, Bi могут быть и примесями в стали. Содержание легирующих элементов может колебаться от тысячных долей процента до десятков процентов.

*Примеси* называют химические элементы, перешедшие в состав стали в процессе ее производства как технологические добавки или как составляющие шихтовых материалов. Их содержание обычно ограничивается следующими пределами: Mn  $\leq$  0,8 %, Si  $\leq$  0,4 %, Cr  $\leq$  0,3 %, Ni  $\leq$  0,3 %, Cu  $\leq$  0,3 %, Mo  $\leq$  0,1 %, W  $\leq$  0,2 %, P  $\leq$  0,025–0,04 %, S  $\leq$  0,015–0,05 %. В литейных марках в качестве примесей может содержаться до 0,9 % Mn, до 0,5 % Si, до 0,06 % S и до 0,08 % P.

Отнесение химических элементов к примесям или легирующим элементам зависит от их количества и роли в стали.

*Легированные стали* — это сплавы на основе железа, в химический состав которых специально введены легирующие элементы, обеспечивающие при определенных способах производства и обработки требуемую структуру и свойства. В легированных сталях содержание отдельных элементов больше, чем этих же элементов в виде примесей.

Такие легирующие элементы, как V, Nb, Ti, Zr, B, могут оказывать существенное влияние на структуру и свойства стали при их содержании в стали в сотых долях процента. Иногда такие стали называют микролегируемыми.

### Классификация сталей

Единой классификации сталей практически не существует, так как многие из них можно применять в самых различных областях техники, поэтому стали обычно классифицируют по наиболее общим признакам.

*По химическому составу* стали и сплавы черных металлов условно подразделяют на углеродистые (без легирующих элементов), низколегированные, легированные, высоколегированные, сплавы на основе железа.

Углеродистые стали не содержат специально введенных легирующих элементов. В низколегированных сталях суммарное содержание легирующих элементов должно быть не более 2,5 % (кроме углерода), в легированных — от 2,5 до 10 %, в высоколегированных — более 10 % при содержании в них железа не менее 45 %. Сплавы на основе железа содержат железа менее 45 %, но его количество больше, чем любого другого элемента.

В зависимости от количества легирующих элементов стали называют марганцовистыми, кремнистыми, хромистыми, никелевыми либо хромоникелевыми, хромомарганцовистыми и т.д.

По назначению стали разделяют на конструкционные, инструментальные и стали с особыми физическими и химическими свойствами. Внутри классификации существуют более узкие подразделения сталей как по назначению, так и по свойствам.

Классификация сталей по назначению принята в справочнике за основу; стали в нем распределены по разделам.

По структуре классификация в значительной степени условна.

В равновесном состоянии стали подразделяют на доэвтектоидные, эвтектоидные и заэвтектоидные.

После охлаждения на воздухе образцов небольшого сечения с температуры приблизительно 900 °С стали подразделяют на перлитные, бейнитные, мартенситные, ледебуритные, ферритные и аустенитные.

По качеству стали подразделяют на стали обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные. Главными признаками по качеству стали являются более жесткие требования по химическому составу и, прежде всего, по содержанию вредных примесей, таких как фосфор и сера. Содержание фосфора и серы в сталях разной категории качества следующее:

Категория качества .....	Обыкновенная	Качественная	Высококачественная	Особо высококачественная (ЭШП)
P, %, не более .....	0,040	0,035	0,025	0,025
S, %, не более .....	0,050	0,035	0,025	0,015

Категория обыкновенного качества относится только к углеродистым сталям, все остальные категории качества могут относиться к любым по степени легирования сталям.

#### Обозначения марок сталей и сплавов

В России принята буквенно-цифровая система обозначения марок сталей и сплавов.

Углеродистые стали обыкновенного качества обозначаются буквами «Ст», за которыми следует цифра, указывающая порядковый номер марки стали, а не среднее содержание углерода в ней, хотя с повышением номера от Ст1 до Ст6 содержание углерода в стали увеличивается. Буквы Б и В

указывают перед маркой. Для обозначения степени раскисления после номера марки добавляют один из индексов — сп, пс, кп, а категория нормируемых свойств (кроме категории 1) указывается последующей цифрой. Полуспокойные стали могут иметь повышенное содержание марганца (до 1,2 %). В этом случае после номера стали ставится буква «Г». Так, ВСтЗсп5 означает, что сталь СтЗ, спокойная, группы В, категории 5 (нормируемыми для этой категории показателями являются: химический состав, временное сопротивление при растяжении, предел текучести, относительное удлинение, изгиб, ударная вязкость при  $-20^{\circ}\text{C}$ ); Ст2кп означает, что сталь Ст2, кипящая, группы А, категории 1 (нормируемые показатели: временное сопротивление при растяжении и относительное удлинение); БСт5Гпс2 означает, что сталь Ст5, полуспокойная, с повышенным содержанием марганца, группы Б, категории 2 (нормируется содержание С, Мп, Si, Р, S, As, N, Cr, Ni, Cu).

Углеродистые конструкционные качественные стали обозначают двузначным числом, указывающим среднее содержание углерода в сотых долях процента (например, 05, 10, 15, ..., 80, 85).

Углеродистые инструментальные стали обозначают буквой «У» и следующей за ней цифрой, указывающей среднее содержание углерода в десятых долях процента (например, У7, У8, У10 и т.д.).

В легированных сталях основные легирующие элементы обозначают буквами: А — азот, К — кобальт, Т — титан, Б — ниобий, В — вольфрам, Г — марганец, Д — медь, Н — никель, П — фосфор, Р — бор, С — кремний, Ф — ванадий, Х — хром, Ц — цирконий, Ю — алюминий. Цифры после буквы в обозначении марки стали показывают примерное количество того или иного элемента, округленное до целого числа. При среднем содержании легирующего элемента до 1,5 % цифру за буквенным индексом не приводят. Содержание углерода указывается в начале марки в сотых (конструкционные стали) или десятых (инструментальные стали) долях процента. Например, конструкционная сталь, содержащая 0,42–0,5 % С; 0,5–0,8 % Мп; 0,8–1,0 % Cr; 1,3–1,8 % Ni; 0,2–0,3 % Мо и 0,1–0,18 % V, обозначается маркой 45ХН2МФ.

Инструментальная (штамповая) сталь состава: 0,32–0,4 % С; 0,8–1,2 % Si; 0,15–0,4 % Мп; 4,5–5,5 % Cr; 1,2–1,5 % Мо и 0,3–0,5 % V обозначается 4Х5МФС. Если содержание углерода в инструментальных легированных сталях 1 % и более, то цифру в начале марки иногда вообще не ставят (например, Х, ХВГ).

Буква «А» в конце марки указывает, что сталь относится к категории высококачественной (30ХГСА), если та же буква в середине марки — сталь легирована азотом (16Г2АФ), в начале марки буква «А» указывает на то, что сталь повышенной обрабатываемости (автоматная) — А35Г2. Индекс «АС» в начале марки указывает, что сталь повышенной обрабатываемости (автоматная) со свинцом (АС35Г2).

В марках быстрорежущих сталей вначале приводят букву «Р», а за ней следует цифра, указывающая содержание вольфрама в процентах. Во всех быстрорежущих сталях содержится около 4 % Cr, поэтому в обозначении марки буквы «Х» нет.

Высоколегированные стали сложного состава иногда обозначают упрощенно — по порядковому номеру разработки и освоения стали на металлургическом заводе. Перед номером стали ставят индексы: «ЭИ», «ЭП».

Маркировка марок жаропрочных и жаростойких сплавов на железоникелевой и никелевой основах состоит только из буквенных обозначений элементов, за исключением никеля, после которого указывается цифра, обозначающая его среднее содержание в процентах.

Например, сплав, содержащий <0,07 % С; 19,0–22,0 % Cr; 2,4–2,8 % Ti; 0,6–1,0 % Al; <4,0 % Fe, остальное никель, обозначается ХН77ТЮ (ЭИ437).

Стали для отливок маркируют так же, как и деформируемые, но с добавлением буквы «Л» в конце марки.

Наименование сплавов прецизионных состоит из буквенных обозначений элементов и двузначного числа впереди буквы, обозначающего среднюю массовую долю элемента в процентах, входящего в основу сплава (кроме железа). Исключение составляет наименование сплавов с высоким электрическим сопротивлением, которое совпадает с обычной системой обозначений для сталей.

Обозначения марок сталей электротехнических осуществляется в соответствии с их классификацией. В обозначении марки цифры означают: *первая* — класс по структурному состоянию и виду прокатки (1 — горячекатаная изотропная, 2 — холоднокатаная изотропная, 3 — холоднокатаная анизотропная с ребровой текстурой); *вторая* — содержание кремния (0 — с массовой долей кремния до 0,4 % включительно, 1 — с массовой долей кремния св. 0,4 до 0,8 % включит., 2 — с массовой долей кремния св. 0,8 до 1,8 % включит., 3 — с массовой долей кремния св. 1,8 до 2,8 % включит., 4 — с массовой долей кремния св. 2,8 до 3,8 % включит., 5 — с массовой долей кремния св. 3,8 до 4,8 % включит.); *третья* — группа по основной нормируемой характеристике [0 — удельные потери при магнитной индукции 1,7 Тл и частоте 50 Гц ( $P_{1,7/50}$ ), 1 — удельные потери при магнитной индукции 1,5 Тл и частоте 50 Гц ( $P_{1,5/50}$ ), 2 — удельные потери при магнитной индукции 1,0 Тл и частоте 400 Гц ( $P_{1,0/400}$ ) для горячекатаной или холоднокатаной изотропной стали и удельные потери при магнитной индукции 1,5 Тл и частоте 400 Гц ( $P_{1,5/400}$ ) для холоднокатаной анизотропной стали, 6 — магнитная индукция в слабых магнитных полях при напряженности поля 0,4 А/м ( $B_{0,4}$ ), 7 — магнитная индукция в средних магнитных полях при напряженности поля 10 А/м ( $B_{10}$ ) или 5 А/м ( $B_5$ )]. Вместе первые три цифры в обозначении марки стали означают тип стали, *четвертая* — порядковый номер типа стали. В зависимости от структурного состояния, содержания кремния, характера и уровня магнитных свойств листы, рулоны и ленты изготавливают из стали следующих марок, приведенных в таблице. В скобках дано ранее используемое обозначение марок стали.

Марка стали	Класс	Содержание Si, %	Группа	Марка стали	Класс	Содержание Si, %	Группа
1211 (Э11)	1	0,8–1,8	1	2212	2	1,8–2,8	1
1212 (Э12)	1	0,8–1,8	1	2311 (Э2200)	2	1,8–2,8	1
1213 (Э13)	1	0,8–1,8	1	2312	2	2,8–3,8	1
1311 (Э21)	1	1,8–2,8	1	2411 (Э3100)	2	2,8–3,8	1
1312 (Э22)	1	1,8–2,8	1	2412	2	2,8–3,8	1
1313	1	1,8–2,8	1	2413	2	2,8–3,8	1
1411 (Э31)	1	2,8–3,8	1	2421	2	2,8–3,8	2
1412 (Э32)	1	2,8–3,8	1	3311 (3411)	3	1,8–2,8	1
1413 (Э33)	1	2,8–3,8	1	3411 (Э310)	3	2,8–3,8	1
1511 (Э41)	1	3,8–4,8	1	3412 (Э320)	3	2,8–3,8	1
1512 (Э42)	1	3,8–4,8	1	3413 (Э330)	3	2,8–3,8	1
1513 (Э43)	1	3,8–4,8	1	3414 (Э330А)	3	2,8–3,8	1
1514 (Э43А)	1	3,8–4,8	1	3415	3	2,8–3,8	1
1521 (Э44)	1	3,8–4,8	2	3404	3	2,8–3,8	0
1561 (Э45)	1	3,8–4,8	6	3405	3	2,8–3,8	0
1562 (Э46)	1	3,8–4,8	6	3406	3	2,8–3,8	0
1571 (Э47)	1	3,8–4,8	7	3407	3	2,8–3,8	0
1572 (Э48)	1	3,8–4,8	7	3408	3	2,8–3,8	0
2011 (Э0100)	2	До 0,4	1	3421 (Э340)	3	2,8–3,8	2
2012 (Э0300)	2	До 0,4	1	3422 (Э350)	3	2,8–3,8	2
2013	2	До 0,4	1	3423 (Э360)	3	2,8–3,8	2
2014	2	0,4–0,8	1	3424 (Э360А)	3	2,8–3,8	2
2111 (Э1000)	2	0,4–0,8	1	3425 (Э360АА)	3	2,8–3,8	2
2112 (Э1000АА)	2	0,8–1,8	1	3471	3	2,8–3,8	7
2211 (Э1300)	2	0,8–1,8	1	3472	3	2,8–3,8	7

### Характеристики сталей и сплавов и методы их определения

Материал по каждой марке стали и сплава включает следующие данные: заменитель марки стали и сплава, вид поставки, назначение, содержание химических элементов в процентах по массовой доле, температуру критических точек, механические свойства, жаростойкость, коррозионную стойкость, технологические свойства, свариваемость, литейные свойства, температурный интервалковки и условия охлаждения послековки, обрабатываемость резанием, прокаливаемость, флокеночувствительность, склонность к отпускной хрупкости.

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 выполняют в соответствии с ГОСТ 12344–78 — ГОСТ 12365–84.

Стандартные справочные данные по механическим свойствам при 20 °С проката, поковок и отливок, приведенные в справочнике, являются минимальными и должны гарантироваться при выполнении установленной технологии. За сечение поковки или отливки принимают ее расчетную толщину (диаметр) под термообработку.

Приведенные характеристики механических свойств поковок при отсутствии соответствующих указаний получены при испытании продольных образцов. При испытании тангенциальных, поперечных и радиальных об-

разцов допускается снижение норм механических свойств в соответствии с ГОСТ 8479-70.

Уровень механических свойств поковок из конструкционных марок сталей (приложение № 1 ГОСТ 8479-70) приведен в соответствии с требованиями ГОСТ 8479-70 для соответствующей категории прочности. Механические свойства поковок из марок сталей, не вошедших в приложение № 1 ГОСТ 8479-70, даны на основании обобщения опыта заводов в соответствии с отраслевыми техническими условиями.

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

Показатели механических свойств отливок относятся к образцам, вырезанным из отдельно отливаемых пробных брусков или приливных проб после их соответствующей термообработки, и характеризуют свойства термообработанных по тому же режиму отливок со стенками толщиной до 100 мм. Нормы механических свойств отливки со стенками толщиной более 100 мм в необходимых случаях должны соответствовать техническим условиям; объем, нормы и порядок контроля и приемки отливок устанавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ 977-88.

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, производственного оборудования и др.

Испытания на растяжение проводят в соответствии с ГОСТ 1497-84, на ударный изгиб — по ГОСТ 9454-78, усталостные испытания — по ГОСТ 25502-82. Значения пределов выносливости даны с указанием базы испытания (числа циклов), а также в зависимости от предела текучести, временного сопротивления разрыву и твердости.

Механические свойства в зависимости от температуры испытания приведены по результатам испытаний на ударный изгиб при отрицательных температурах (ГОСТ 9454-78) и на растяжение при повышенных температурах (ГОСТ 9651-84).

Результаты испытаний на длительную прочность и ползучесть указаны по ГОСТ 3248-81 и ГОСТ 10145-81.

*Жаростойкость* по ГОСТ 6130-71 определяется глубиной проникновения коррозии, выраженной в миллиметрах в год, при соответствующих условиях (среды, температуры и длительности испытания).

Все данные по *коррозионной стойкости* указаны в соответствии с ГОСТ 9908-85 по глубине проникновения коррозии на допустимую (заданную) глубину с учетом влияния среды, температуры, длительности испытания. Коррозионная стойкость металла оценивается по скорости проникновения коррозии металла, т.е. уменьшению толщины металла вследствие коррозии, выраженному в линейных единицах, к единице времени (мм/год).

При подборе конструкционных материалов следует учитывать, что скорость точечной коррозии на сталях, которые подвержены этому виду разрушения, как правило, в несколько раз превышает скорость общей коррозии.

*Свариваемость* стали и сплавов является комплексной характеристикой стали, определяющей технологическими трудностями, возникающими при сварке, и эксплуатационной надежностью сварных соединений.

В справочнике даны характеристики так называемой технологической свариваемости. В зависимости от сложности технологических приемов, устраняющих возможность образования трещин при сварке и обеспечивающих получение сварного соединения требуемого качества, стали условно разделяют на четыре группы по свариваемости: 1) стали, свариваемые без ограничения (сварка производится без подогрева и без последующей термообработки); 2) ограниченно свариваемые стали (сварка возможна при подогреве до 100–120 °С и последующей термообработке); 3) трудносвариваемые стали (для получения качественных сварных соединений требуются дополнительные операции: подогрев до 200–300 °С при сварке, термообработка после сварки — отжиг); 4) стали, не применяемые для сварных конструкций.

Оценка характеристик *литейных свойств* принята в виде относительных величин коэффициентов, равных отношению показателей для исследуемого и эталонного сплавов, определенных по единым методикам. В качестве эталонной принята сталь марки 30Л. Технологичность оценена следующими показателями:

жидкотекучести  $K_{ж.т}$  (отношение значений жидкотекучести данной стали и эталонной);

трещиностойкости  $K_{т.у}$  (отношение значений трещиностойкости данной стали и эталонной);

склонности стали к образованию усадочных раковин  $K_{у.р}$  (отношение объема усадочной раковины в отливках из данной стали и эталонной);

склонности стали к образованию усадочной пористости  $K_{у.п}$  (отношение пористой зоны в отливках из данной стали и эталонной).

Жидкотекучесть определена по спиралевидной пробе по ГОСТ 16438–70. Длина залитой спирали в сантиметрах выражает жидкотекучесть сплава.

Склонность стали к образованию усадочных раковин и пор определена на цилиндрическом образце, переходящем в верхней части в усеченный конус; усадочная пористость — по ширине пористой зоны; трещиностойкость — на приборе конструкции ЦНИИТмаша. Прибор показывает стойкость стали против образования горячих трещин, которые образуются вследствие заторможенной усадки образцов. Литейные свойства определены при температуре начала затвердевания слитка 50–70 °С.

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

*Ковочные свойства* в справочнике оцениваются механическими свойствами в зависимости от температуры испытания в интервале ковочных температур, температурными параметрамиковки и условиями охлаждения преимущественно крупных поковок, получаемых из слитков или заготовок.

Приведенные температурные интервалыковки являются наиболее широкими, а режимы охлаждения — ускоренными, которые достигнуты на отдельных заводах. Использование на других заводах рекомендуемых нами



параметров, а также назначение рациональной температуры нагрева металла и условий охлаждения поковок возможны 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 термообработки 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 ЦНИИТмаше, УЗТМ, УГТУ-УПИ и других организациях.

*Обрабатываемость* стали и сплавов *резанием* определена для условий полустогового точения без охлаждения по чистому металлу резцами, оснащенными твердыми сплавами Т5К10, ВК8 (для аустенитных сталей и сплавов на нежелезной основе), и резцами из быстрорежущей стали Р18, Р12 (для углеродистых и легированных сталей) при постоянных значениях глубины резания 1,5 мм, подачи 0,2 мм/об и главного угла в плане резцов  $\varphi = 60^\circ$ .

Обрабатываемость стали и сплавов резанием оценена по скорости резания, соответствующей 60-мин стойкости резцов  $v_{60}$ , и выражена коэффициентами  $K_{v, \text{тв.спл}}$  и  $K_{v, \text{б.ст}}$  по отношению к эталонной стали. В качестве эталонной стали принята углеродистая сталь 45 ( $\sigma_b = 637$  МПа, НВ = 179), скорость резания  $v_{60}$  которой взята за единицу. Коэффициенты обрабатываемости данной стали для условий точения твердосплавными резцами  $K_{v, \text{тв.спл}} = v_{60} / 145$ , где  $v_{60}$  — скорость резания, соответствующая 60-мин стойкости резцов, при точении данной стали, м/мин; 145 — значения скорости резания при 60-мин стойкости твердосплавных резцов при точении эталонной стали 45.

Коэффициенты обрабатываемости стали  $K_v$  для условий точения резцами из быстрорежущей стали  $K_{v, \text{б.ст}} = v_{60} / 70$ , где 70 — значение скорости резания при 60-мин стойкости быстрорежущих резцов при точении эталонной стали 45.

Для принятых условий резания абсолютное значение скорости резания  $v_{60}$  данной стали определяется умножением ее коэффициента  $K_{v, \text{тв.спл}}$  или  $K_{v, \text{б.ст}}$  на соответствующие значения эталонной стали 45.

*Прокаливаемость* по ГОСТ 5657–69 приведена в виде таблиц и полос прокаливаемости (минимальное и максимальное значения твердости в зависимости от расстояния от охлаждаемого участка). Кроме того, приведены критические диаметры при закалке в масле и в воде при определенном количестве мартенсита в структуре.

По склонности к образованию флокенов (*флокеночувствительность*) деформируемые стали условно разбиты на четыре группы: нефлокеночувствительные, малофлокеночувствительные, флокеночувствительные и повышенной флокеночувствительности.

*Склонность к отпускной хрупкости* стали проявляется в снижении ударной вязкости при медленном охлаждении после высокого отпуска или при

длительных выдержках в интервале температур 450—600 °С. Стали условно разбиты на три группы: не склонные к отпускной хрупкости, малосклонные и склонные.

Для сталей и сплавов с особыми физическими свойствами, приведенных в разделе 5, кроме перечисленных характеристик, приведен ряд *физических свойств*. Для электротехнических сталей приведены: магнитная индукция — магнитная индукция, Тл, на основной коммутационной кривой намагничивания при напряженности магнитного поля, А/м, указанной в таблицах; удельные потери  $P_{1,0/50(400)}$ ,  $P_{1,5/50(400)}$ ,  $P_{1,7/50}$  — полные удельные магнитные потери, Вт/кг, стали при перемагничивании ее с частотой 50 (400) Гц и максимальных значениях индукции, соответственно 1,0; 1,5 и 1,7 Тл в условиях синусоидального ее изменения. Для сплавов прецизионных магнитно-мягких: начальная магнитная проницаемость, максимальная магнитная проницаемость, коэрцитивная сила, А/м, индукция технического насыщения, Тл, магнитострикция насыщения  $\lambda_s$ , магнитная проницаемость  $\mu_H$  в заданном поле  $H$ . Для магнитно-твердых сплавов: коэрцитивная сила по индукции  $H_{CB}$ , кА/м; остаточная индукция  $B_r$ , Тл, магнитная энергия  $B_r H_{CB}$ , Тл · кА/м; напряженность поля при максимальной проницаемости  $H_{\mu_{\max}}$ , кА/м; индукция намагничивания в поле максимальной проницаемости  $B_{\mu_{\max}}$ , Тл; коэрцитивная сила при намагничивании в поле максимальной проницаемости  $H_{\text{сн}\mu_{\max}}$ , кА/м; остаточная индукция при намагничивании в поле максимальной проницаемости  $B_{\mu_{\max}}$ , Тл; удельные потери на гистерезис при намагничивании в поле максимальной проницаемости  $P_{\mu_{\max}}$ , кДж/м<sup>3</sup>; коэффициент прямоугольности  $(B_r/B)_{\mu_{\max}}$ . Для сплавов прецизионных сверхпроводящих указывается температура перехода в сверхпроводящее состояние. Для сплавов прецизионных с высоким электрическим сопротивлением дополнительно приводятся следующие характеристики: колебание электрического сопротивления по длине  $(R_{\max} - R_{\min})/R_{\text{ср}}$ , %, где  $R_{\max}$ ,  $R_{\min}$  и  $R_{\text{ср}}$  — соответственно максимальное, минимальное и среднее сопротивление 1 м продукции в пределах мотка, рулона, катушки, и живучесть (ГОСТ 2419—78), ч, испытание заключается в циклическом нагреве электрическим током (нагрев 2 мин, охлаждение 2 мин) проволочных образцов диаметром 0,8 мм до заданной температуры. Для термобиметаллов, представляющих собой материал, состоящий из двух и более слоев металлов или сплавов с различными температурными коэффициентами линейного расширения (ТКЛР), сваренных между собой по всей поверхности соприкосновения, основным свойством является термочувствительность, т.е. способность изгибаться при изменении температуры. Термочувствительность термобиметаллов пропорциональна разности ТКЛР составляющих и характеризуется величиной удельного изгиба — изменением кривизны термобиметаллической пластинки единичной толщины при изменении температуры на 1 К. Для ленты толщиной 0,3 мм и менее приводится другая характеристика термочувствительности — коэффициент чувствительности, определяемый как угол раскручивания свернутой в спираль биметаллической ленты единичной длины и толщины при нагреве ее на 1 К.

## Раздел 1. СТАЛЬ КОНСТРУКЦИОННАЯ

### Общие сведения

Конструкционной называется сталь, применяемая для изготовления различных деталей, механизмов и конструкций в машиностроении и строительстве и обладающая определенными механическими, физическими и химическими свойствами.

Конструкционные стали подразделяются на несколько подгрупп.

#### *Стали конструкционные углеродистые обыкновенного качества*

Широко применяются в строительстве и машиностроении, как наиболее дешевые, технологичные и обладающие необходимым комплексом свойств при изготовлении конструкций массового назначения. В основном эти стали используют в горячекатаном состоянии без дополнительной термической обработки с ферритно-перлитной структурой. В зависимости от назначения эти стали подразделяют на 3 группы: А, Б и В.

*Стали группы А* поставляют с регламентированными механическими свойствами. Химический состав их не регламентируется. Стали применяют в конструкциях, узлы которых не подвергаются горячей обработке — ковке, штамповке, термической обработке, в связи с чем механические свойства горячекатаной стали сохраняются.

*Стали группы Б* поставляют с регламентированным химическим составом, без гарантии механических свойств. Их применяют для изделий, подвергаемых горячей обработке, технология которой зависит от состава сталей, а конечные механические свойства определяются самой обработкой.

*Стали группы В* поставляют с регламентируемыми механическими свойствами и химическим составом. Они применяются для изготовления сварных конструкций, так как их свариваемость определяется химическим составом, а механические свойства вне зоны сварки определены в состоянии поставки. Стали группы В применяют для более ответственных деталей.

Углеродистые стали обыкновенного качества, бывают спокойными (сп), полуспокойными (пс) и кипящими (кп). В их составе разное содержание кремния: спокойные содержат 0,12–0,3 % Si, полуспокойные 0,05–0,17 % Si, кипящие < 0,07 % Si.

#### *Стали углеродистые качественные*

Качественными углеродистыми сталями являются стали марок 08, 10, 15, 20 ..., 75, 80, 85. К этому классу относятся также стали с повышенным содержанием марганца (0,7–1,0 %) марок 15Г, 20Г, 25Г ..., 65Г, имеющих повышенную прокаливаемость. Низкоуглеродистые стали марок 08, 08кп,

08пс относятся к мягким сталям, применяемым чаще всего в отожженном состоянии для изготовления деталей методом холодной штамповки — глубокой вытяжки. Стали марок 10, 15, 20, 25 обычно используют как цементуемые, а высокоуглеродистые стали 60, 65, 70, 75, 80 и 85 в основном применяют для изготовления пружин, рессор, высокопрочной проволоки и других изделий с высокой упругостью и износостойкостью. Среднеуглеродистые стали 30, 35, 40, 45, 50 и аналогичные стали с повышенным содержанием марганца 30Г, 40Г, 50Г применяют для изготовления самых разнообразных деталей машин. При этом в зависимости от условий работы деталей применяют различные виды термической обработки: нормализацию, улучшение, закалку с низким отпуском, закалку ТВЧ и др. Механические свойства каждой стали можно изменять в широком диапазоне в зависимости от режима термической обработки и для каждой конкретной детали, условий ее эксплуатации должны быть выбраны оптимальный комплекс механических свойств и соответствующая обработка.

#### *Стали повышенной обрабатываемости*

К сталям с повышенной обрабатываемостью или автоматным сталям относят стали с высоким содержанием серы и фосфора, а также стали, специально легированные селеном, теллуром или свинцом. Указанные элементы способствуют повышению скорости резания, уменьшают усилие резания и изнашиваемость инструмента, улучшают чистоту и размерную точность обработанной поверхности, облегчают отвод стружки из зоны резания и улучшают ряд других факторов обрабатываемости. Эти стали используют в массовом производстве для изготовления деталей на станках-автоматах.

Стали с повышенным содержанием серы и фосфора обладают пониженными механическими свойствами и их используют для изготовления малонагруженных деталей (например, метизов). Дополнительное легирование свинцом и, особенно, селеном и теллуром не ухудшает свойств сталей. Поэтому селен и свинец широко применяют для улучшения обрабатываемости резанием сталей ответственного назначения.

#### *Низколегированные конструкционные стали*

К низколегированным конструкционным сталям относятся низкоуглеродистые свариваемые стали, содержащие недорогие и недефицитные легирующие элементы (до 2,5 %) и обладающие повышенной прочностью и пониженной склонностью к хрупким разрушениям по сравнению с углеродистыми сталями. В общем объеме производства эти стали составляют 10—15 %, их наиболее широко применяют в капитальном строительстве и для изготовления труб магистральных газопроводов, металлоконструкций машин и механизмов, в судостроении и других отраслях народного хозяйства.

Как правило, прокат из низколегированных сталей используют в состоянии поставки, а при изготовлении металлоконструкций он подвергается лишь резке, гибке и сварке. Поэтому необходимые требования к стали достигаются в процессе металлургического производства.

## Легированные конструкционные стали

Легированные конструкционные стали применяются для наиболее ответственных и тяжело нагруженных деталей машин. Практически всегда эти детали подвергаются окончательной термической обработке — закалке с последующим высоким отпускком в районе 550–680 °С (улучшение), что обеспечивает наиболее высокую конструктивную прочность, т.е. высокую прочность в сочетании с высокой пластичностью, вязкостью и малой склонностью к хрупким разрушениям. Ведущая роль легирующих элементов в этих сталях заключается в существенном повышении их прокаливаемости. Основными легирующими элементами для этой группы сталей являются хром, марганец, никель, молибден, ванадий и бор; содержание углерода находится в пределах 0,25–0,50 %.

Легированным конструкционным сталям свойственна повышенная анизотропия свойств, т.е. различие свойств в зависимости от направления деформации при ковке или прокатке. Уменьшение анизотропии свойств достигается металлургическими способами (уменьшением в стали сульфидов и других неметаллических включений, изменением условий горячей пластической деформации и др.). Эти стали чувствительны также к образованию флокенов, что требует проведения послековки специальной термической обработки.

Хромистые стали (20Х, 30Х, 40Х, 45Х, 50Х и др.) являются наименее легированными и увеличивают прокаливаемость в масле до 25 мм. Однако эти стали склонны к отпускной хрупкости, поэтому после высокого отпуска их следует охлаждать ускоренно (в масле или воде).

Марганцовистые стали (30Г, 35Г, 40Г, 50Г) имеют большую прокаливаемость, однако марганец усиливает склонность к росту зерна, поэтому они чувствительны к перегреву и могут иметь пониженную ударную вязкость, особенно при отрицательных температурах. Чаще всего эти стали применяют для изделий, несущих наибольшие ударные нагрузки.

Хромомарганцевые стали (25ХГТ, 30ХГТ и др.) обладают повышенной устойчивостью переохлажденного аустенита и, соответственно, прокаливаемостью (до 40 мм). Небольшие добавки титана или ванадия вводят для получения мелкозернистой структуры и некоторого повышения теплоустойчивости.

Хромокремнистые или хромокремнемарганцовистые стали (33ХС, 30ХГС, 35ХГСА и др.) обладают высокой прочностью и умеренной вязкостью. Основным недостатком этих сталей — невысокая прокаливаемость (25–40 мм) и сильная склонность к отпускной хрупкости I и II рода.

Хромомолибденовые стали (35ХМ, 38ХМА и др.) обладают хорошей прокаливаемостью, имеют высокий комплекс механических свойств и мало склонны к отпускной хрупкости. Особенность этих сталей — способность сохранять высокие механические свойства при повышенных температурах.

Хромоникелевые и хромоникельмолибденовые (вольфрамовые) стали (20ХНЗА, 40ХН, 30ХН2МА, 38ХН2М и др.) являются наиболее качественными, их применяют для изготовления самых ответственных и крупных изделий (сечением 100–1000 мм). Уникальные свойства этих сталей

достигаются вследствие их чрезвычайно высокой прокаливаемости и наибольшей вязкости. Высокая вязкость сталей, в том числе и при отрицательных температурах, обусловлена влиянием никеля на параметры, характеризующие склонность к хрупкому и вязкому разрушению. Один из немногих недостатков хромоникелевых сталей — склонность к обратимой отпускной хрупкости. Добавки молибдена и вольфрама в значительной степени ослабляют эту склонность.

### *Стали теплоустойчивые конструкционные*

К теплоустойчивым относятся стали, используемые в энергетическом машиностроении для изготовления котлов, сосудов, паронагревателей, паропроводов, а также в других отраслях промышленности для работы при повышенных температурах. Рабочие температуры теплоустойчивых сталей достигают 600–650 °С, причем детали из них должны работать без замены длительное время (до 100000–200000 ч). Наиболее важной характеристикой для этих сталей является заданное значение длительной прочности и сопротивление ползучести. При давлениях до 6 МПа и температурах до 400 °С используют углеродистые котельные стали (12К, 15К, 18К, 20К). Для деталей энергоблоков, работающих при температурах до 585 °С и давлении 25,5 МПа применяют стали, легированные хромом, молибденом, ванадием, содержание углерода в них невелико (0,08–0,27 %), так как при более высоких содержаниях ускоряются процессы коагуляции карбидных фаз и перераспределения легирующих элементов Cr, Mo, V между твердым раствором и карбидами. Термообработка этих сталей заключается в закалке или нормализации с обязательным высоким отпуском.

### *Стали конструкционные подшипниковые*

Особенностью эксплуатации подшипников являются высокие локальные нагрузки. В связи с этим к чистоте стали предъявляются чрезвычайно высокие требования, особенно по неметаллическим включениям карбидной неоднородности. Обеспечение высокой статической грузоподъемности достигается применением в качестве материала для подшипников заэвтектоидных легированных хромом сталей, обработанных на высокую твердость. Высокое сопротивление контактной усталости в этих сталях достигается сведением к минимуму металлургических дефектов различного рода, особенно сульфидных и оксидных включений, а также водорода, поскольку шарикоподшипниковые стали флокеночувствительные. Высокое качество этих сталей может быть обеспечено применением рафинирующих переплавов (обработка синтетическими шлаками, вакуумно-дуговой переплав).

### *Стали конструкционные рессорно-пружинные*

Общее требование, предъявляемое к рессорно-пружинным сталям, — обеспечение высокого сопротивления малым пластическим деформациям (предел упругости) и релаксационной стойкости (сопротивление релаксации напряжений). Эти характеристики обеспечивают точность и надежность

работы пружин и постоянство во времени таких эксплуатационных свойств, как крутящий момент, силовые параметры. Пружинные стали в виде проволоки и ленты упрочняют холодной пластической деформацией и закалкой на мартенсит с последующим отпуском. Готовые пружины подвергают стабилизирующему отпуску.

Пружинную проволоку перед волочением обычно подвергают патентованию. Патентованная проволока со структурой сорбита обладает чрезвычайно высоким запасом пластичности и упрочняется до очень высоких значений временного сопротивления. Остаточный аустенит в этих сталях должен сводиться к минимуму, так как даже в небольших количествах (2–4 %) он значительно понижает предел упругости стали и сопротивление релаксации напряжений.

## СТАЛЬ КОНСТРУКЦИОННАЯ УГЛЕРОДИСТАЯ ОБЫКНОВЕННОГО КАЧЕСТВА ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

### Сталь Ст0

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 380–94, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 19771–93, ГОСТ 19772–93, ГОСТ 8278–83, ГОСТ 8281–80, ГОСТ 8283–93, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8910–86, ГОСТ 8239–89, ГОСТ 8240–89. Лист толстый ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 19903–74. Лента ГОСТ 503–81, ГОСТ 6009–74. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70. Проволока ГОСТ 3282–74, ГОСТ 17305–91.

Назначение — для второстепенных элементов конструкций и неответственных деталей: настилов, арматуры, подкладки, шайб, перил, кожухов, обшивки и др.

### Химический состав, % (ГОСТ 380–94)

C	P	S
Не более		
0,23	0,07	0,06

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее	
ГОСТ 380–94	Прокат горячекатаный	До 20	300	23
		Св. 20 до 40		22
		Св. 40		20
ГОСТ 16523–89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	До 2,0 вкл.	300	(11)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.		(13)
		До 2,0 вкл.		(14)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.		(16)

Примечание. При  $\sigma_b = 305$  МПа предел выносливости  $\sigma_{-1} = 167$  МПа [162].

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1300, конца 700.

Свариваемость — сваривается без ограничений; способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС и КТС.

Обработываемость резанием —  $K_{у, б.ст} = 1,65$  и  $K_{у, тв.стл} = 2,1$  в горячекатаном состоянии при  $HV 103-107$  и  $\sigma_b = 460$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

### Коррозионная стойкость [43]

$t_{исп.}$ , °C	Среда	Скорость коррозии, мм/год
20	Морская вода	0,105

### Сталь ВСт2кп

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 8239-89, ГОСТ 19772-93, ГОСТ 19771-93, ГОСТ 8278-83, ГОСТ 8281-80, ГОСТ 8283-93, ГОСТ 380-94, ГОСТ 8509-93, ГОСТ 8510-86, ГОСТ 8240-89, ГОСТ 535-88, ГОСТ 2879-88. Лист толстый ГОСТ 19903-74. Лист тонкий ГОСТ 19903-74, ГОСТ 16523-89. Лента ГОСТ 503-81. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 82-70. Проволока ГОСТ 3282-74, ГОСТ 17305-91. Трубы: ГОСТ 10705-80, ГОСТ 10706-76, ГОСТ 3262-75.

Назначение — неотчетственные детали повышенной пластичности, малонагруженные элементы сварных конструкций, работающие при постоянных нагрузках и положительных температурах.

### Температура критических точек, °C [104]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
735	854	835	682

### Химический состав, % (ГОСТ 380-94)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
0,09-0,15	0,25-0,50	0,07	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08
не более								

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 380-94	Прокат горячекатаный	До 20	215	320-410	33
		Св. 20 до 40	205		32
		Св. 40 до 100	195		30
		Св. 100	185		30
ГОСТ 16523-89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	До 2,0 вкл.	-	320-410	(21)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.			(23)
	Лист холоднокатаный	До 2,0 вкл.			(24)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.			(26)

### Ударная вязкость КСУ [81]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °C			
	+20	0	-20	-40
Пруток горячекатаный диаметром до 150 мм	24-64	13-16	8	8

Примечание. При  $\sigma_b = 323-412$  МПа предел выносливости  $\sigma_{-1} = 176-196$  МПа [162].



## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1300, конца 750. Охлаждение на воздухе.

Свариваемость — сваривается без ограничений; способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС и КТС. Для толщины более 36 мм рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 2,0$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,6$  в горячекатаном состоянии при *НВ* 137.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпусковой хрупкости — не склонна.

### Сталь ВСт2пс

Заменитель — сталь ВСт2сп.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 19772–93, ГОСТ 19771–93, ГОСТ 8278–83, ГОСТ 8281–80, ГОСТ 8283–93, ГОСТ 380–94, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86, ГОСТ 8240–86, ГОСТ 8239–89, ГОСТ 535–88, ГОСТ 2879–88. Лист тонкий ГОСТ 19903–74. Лента ГОСТ 503–81, ГОСТ 6009–74. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70, ГОСТ 535–88. Проволока ГОСТ 3282–74. Трубы ГОСТ 10705–80, ГОСТ 10706–76. Лист толстый ГОСТ 19903–74.

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

### Температура критических точек, °С [104]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
735	854	835	682

### Химический состав, % (ГОСТ 380–94)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
0,09–0,15	0,25–0,50	0,05–0,17	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 380–94	Прокат горячекатаный	До 20	225	330–430	32
		Св. 20 до 40	215		31
		Св. 40 до 100	205		29
		Св. 100	195		29
ГОСТ 16523–89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	До 2,0 вкл.	–	330–430	(21)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.			(23)
	Лист холоднокатаный	До 2,0 вкл.			(24)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.			(26)

### Ударная вязкость КСУ [81]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	0	–20	–40
Пруток горячекатаный диаметром до 150 мм	24–64	13–16	8	8

## Механические свойства проката при повышенных температурах [84]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
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

Примечание. При  $\sigma_b = 330\text{--}430$  МПа предел выносливости  $\sigma_{-1} = 175\text{--}205$  [162].

## Технологические свойства [81]

Температура ковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1300, конца 750. Охлаждение на воздухе.

Свариваемость — сваривается без ограничения; способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС, КТС. Для толщины более 36 мм рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Обработываемость резанием —  $K_{v, б.ст} = 1,6$  в горячекатаном состоянии при НВ 137  $K_{v, тв.спл} = 2,0$ .

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь ВСт2сп

Заменитель — сталь ВСт2пс.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 19772–93, ГОСТ 535889, ГОСТ 8278–83, ГОСТ 8281–80, ГОСТ 8283–93, ГОСТ 380–94, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 8239–89. Лист толстый ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 19903–74. Лента ГОСТ 503–81, ГОСТ 6009–74. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70, ГОСТ 535–88. Проволока ГОСТ 3282–74, ГОСТ 17305–91 Трубы ГОСТ 10705–80, ГОСТ 10706–76, ГОСТ 3262–75.

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

## Температура критических точек, $^\circ\text{C}$ [104]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
735	854	835	682

## Химический состав, % (ГОСТ 380–94)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
0,09–0,15	0,25–0,50	0,12–0,30	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

## Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 380-94	Прокат горячекатаный	До 20	225	330-430	32
		Св. 20 до 40	215		31
		Св. 40 до 100	205		29
		Св. 100	195		29
ГОСТ 16523-89	Лист горячекатаный	До 2,0 вкл.	-	330-430	(21)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.			(23)
	Лист холоднокатаный	До 2,0 вкл.		(24)	
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.		(26)	
ГОСТ 8731-87	Труба горячедеформированная термообработанная	-	215	340	24
ГОСТ 10706-76	Труба электросварная прямошовная	-	225	330	22

## Твердость после различных видов термообработки [104]

Термообработка	Твердость	
	HRC <sub>3</sub> (поверхности)	HB
Нормализация при 900-950 °С, охл. на воздухе	-	156
Цементация при 900-950 °С, охл. на воздухе; закалка с 800-820 °С в воде; отпуск при 180-200 °С, охл. на воздухе	57	-
Цианирование при 840-860 °С, охл. на воздухе; закалка с 840-860 °С в воде; отпуск при 180-200 °С, охл. на воздухе	57-63	-

## Ударная вязкость КСУ [81]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	0	-20	-40
Пруток горячекатаный диаметром 140-150 мм	23-63	13-16	8	8

## Механические свойства проката при повышенных температурах [84]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
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

Примечание. При  $\sigma_b = 335-430$  МПа предел выносливости  $\sigma_{-1} = 176-206$  МПа [162].

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1300, конца 750. Охлаждение на воздухе.

Свариваемость — сваривается без ограничений; способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС и КТС. Для толщины более 36 мм рекомендуется подогрев и последующая термическая обработка.

Обработываемость резанием —  $K_{v, тв.спл} = 2,0$  и  $K_{v, б.ст} = 1,6$  в горячекатаном состоянии при HB 137.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь ВСтЗкп

Заменитель — сталь ВСтЗпс.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590—88, ГОСТ 2591—88, ГОСТ 19771—93, ГОСТ 19772—93, ГОСТ 8278—83, ГОСТ 8281—80, ГОСТ 8283—93, ГОСТ 380—94, ГОСТ 8509—93, ГОСТ 8510—86, ГОСТ 8240—89, ГОСТ 8239—89, ГОСТ 535—88, ГОСТ 2879—88. Лист толстый ГОСТ 19903—74. Лист тонкий ГОСТ 19903—74. Полоса ГОСТ 103—76, ГОСТ 535—88. Трубы ГОСТ 10705—80, ГОСТ 10706—76.

Назначение — для второстепенных и малонагруженных элементов сварных и несварных конструкций, работающих в интервале температур от — 10 до 400 °С.

### Температура критических точек, °С [104]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
735	850	835	680

### Химический состав, % (ГОСТ 380—94)

С	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
		не более						
0,14—0,22	0,30—0,60	0,07	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 380—94	Прокат горячекатаный	До 20	235	360—460	27
		Св. 20 до 40	225		26
		Св. 40 до 100	215		24
		Св. 100	195		24
ГОСТ 16523—89	Лист горячекатаный	До 2,0 вкл.	—	360—460	(20)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.	—		(22)
	Лист холоднокатаный	До 2,0 вкл.	—	360—460	(22)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.	—		(24)

### Ударная вязкость КСU в состоянии поставки [28]

Толщина листа, мм	КСU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	0	-10	-20	-30
10—12	89—100	60—85	12—69	13—53	6—10
16—20	40—140	15—71	9—16	8—12	—
30—32	30—115	—	6—13	6—13	7—9
До 12* <sup>1</sup>	64—149	83—112	83—114	14—63	—

\*<sup>1</sup> Фасонный проквт.

### Механические свойства

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
20	205	385	37	60
100	190	370	27	59
200	175	430	21	51
300	160	450	23	49
400	150	395	35	62

П р и м е ч а н и е. Листы толщиной 12 мм в состоянии поставки (образцы поперечные); при  $\sigma_b = 380$  МПа предел выносливости  $\sigma_{-1} = 175$  МПа [22].

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1300, конца 750. Охлаждение на воздухе.

Свариваемость — сваривается без ограничений; способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС и КТС. Для толщины свыше 36 мм рекомендуется подогрев и обязательная последующая термообработка.

Обработываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,8$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,6$  в горячекатаном состоянии при  $HВ 124$  и  $\sigma_B = 400$  МПа.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь ВСтЗпс

Заменитель — сталь ВСтЗсп.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 19771-93, ГОСТ 19772-93, ГОСТ 8278-83, ГОСТ 8281-80, ГОСТ 8282-83, ГОСТ 8283-93, ГОСТ 380-71, ГОСТ 8510-86, ГОСТ 8240-89, ГОСТ 535-88, ГОСТ 8509-93, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 8239-89. Лист толстый ГОСТ 19903-74. Лист тонкий ГОСТ 19903-74. Лента ГОСТ 503-81. Полоса ГОСТ 82-70, ГОСТ 103-76. Трубы ГОСТ 10706-76, ГОСТ 8734-75, ГОСТ 10705-80.

Назначение — несущие и не несущие элементы сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах. Фасонный и листовой прокат (5-й категории) толщиной до 10 мм для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках в интервале от -40 до +425 °С. Прокат от 10 до 25 мм — для несущих элементов сварных конструкций, работающих при температуре от -40 до +425 °С при условии поставки с гарантируемой свариваемостью.

## Температура критических точек, °С [84]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
735	850	835	630

## Химический состав, % (ГОСТ 380-94)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
			не более					
0,14-0,22	0,40-0,65	0,05-0,17	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

## Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>B</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> (δ <sub>4</sub> ), %
			не менее		
ГОСТ 380-94	Прокат горячекатаный	До 20	245	370-480	26
		Св. 20 до 40	235		25
		Св. 40 до 100	225		23
		Св. 100	205		23
ГОСТ 16523-89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	До 2,0 вкл.	—	370-480	(20)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.	—		(22)
	Лист холоднокатаный	До 2,0 вкл.	—	370-480	(22)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.	—		(24)

### Ударная вязкость КСУ (ГОСТ 380-94)

Вид проката	Направление вырезки образца	Сечение, мм	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>		
			+ 20 °С	-20°С	после механического старения
			не менее		
Лист	Поперечное	5-9	78	39	39
		10-25	69	29	29
		26-40	49	-	-
Широкая полоса	Продольное	5-9	98	49	49
		10-25	78	29	29
		26-40	69	-	-
Сортовой и фасонный	То же	5-9	108	49	49
		10-25	98	29	29
		26-40	88	-	-

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1300, конца 750. Охлаждение на воздухе.

Свариваемость — свариваются без ограничений; способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС и КТС. Для толщины свыше 36 мм рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v\text{ тв.спл}} = 1,8$  и  $K_{v\text{ б.ст}} = 1,6$  в горячекатаном состоянии при  $HV\ 124$  и  $\sigma_b = 400$  МПа.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Сталь ВСтЗсп

Заменитель — сталь ВСтЗпс.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 535-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 19771-93, ГОСТ 19772-93, ГОСТ 8278-83, ГОСТ 8281-80, ГОСТ 8282-83, ГОСТ 8283-93, ГОСТ 380-94, ГОСТ 8509-93, ГОСТ 8510-86, ГОСТ 8239-89. Лист толстый ГОСТ 19903-74. Лист тонкий ГОСТ 19903-74. Лента ГОСТ 503-81, ГОСТ 6009-74. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 82-70, ГОСТ 535-88. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 8479-70. Трубы ГОСТ 8734-75, ГОСТ 10706-76, ГОСТ 10705-80.

Назначение — несущие элементы сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах. Фасонный и листовой прокат (5-й категории) — для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках: при толщине проката до 25 мм в интервале температур от -40 до +425 °С; при толщине проката свыше 25 мм в интервале от -20 до +425 °С при условии поставки с гарантируемой свариваемостью.

### Температура критических точек, °С [84]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
735	850	835	680

### Химический состав, % (ГОСТ 380-94)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
0,14-0,22	0,40-0,65	0,12-0,30	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

### Механические свойства проката

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 380-94	Прокат горячекатаный	До 20	245	370-480	26
		Св. 20 до 40	235		25
		Св. 40 до 100	225		23
		Св. 100	205		23
ГОСТ 16523-89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	До 2,0 вкл.	-	370-480	(20)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.	-		(22)
	Лист холоднокатаный	До 2,0 вкл.	-	370-480	(22)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.	-		(24)

### Механические свойства поковок

ГОСТ	Термообработка	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU <sub>1,2</sub> Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
			не менее					
ГОСТ 8479-70	Нормализация	До 100	175	353	28	55	64	101-143
		100-300	175	353	24	50	59	
		До 100	195	392	26	55	59	111-156
		100-300	195	392	23	50	54	

### Ударная вязкость KCU (ГОСТ 380-94)

Вид проката	Направление вырезки образца	Сечение, мм	KCU, Дж/см <sup>2</sup>		
			+20 °C	-20 °C	после механического старения
			не менее		
Лист	Поперечное	5-9	78	39	39
		10-25	68	29	29
		26-40	49	-	-
Широкая полоса	Продольное	5-9	98	49	49
		10-25	78	29	29
		26-40	68	-	-
Сортовой и фасонный	То же	5-9	108	49	49
		10-25	98	29	29
		26-40	88	-	-

### Механические свойства при повышенных температурах [81, 84]

$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Горячекатаная заготовка размерами 140×120 мм</i>					
20	220	445	33	59	154
300	205	-	-	-	199
500	180	285	34	80	119
<i>Лист и фасонный прокат в горячекатаном состоянии толщиной до 30 мм</i>					
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	-
<i>Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм кованный и нормализованный. Скорость деформирования 16 мм/мин, скорость деформации 0,009 1/с</i>					
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	-

### Предел выносливости [81]

Образец	$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
Гладкий	191	$10^7$
С надрезом	93	$10^7$

Примечание. Лист толщиной 40 мм в горячекатаном состоянии.

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1300, конца 750. Охлаждение на воздухе.

Свариваемость — сваривается без ограничений; способы сварки: РДС, АДС с флюсом и газовой защитой, ЭШС и КТС. Для толщины свыше 36 мм рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_{у, тв.спл} = 1,8$  и  $K_{у, б.ст} = 1,6$  в горячекатаном состоянии при  $HV 124$  и  $\sigma_b = 400$  МПа.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Сталь ВСтЗГпс

Заменитель — стали ВСтЗпс, 18Гпс.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590—88, ГОСТ 2591—88, ГОСТ 2879—88, ГОСТ 8509—93, ГОСТ 8510—86, ГОСТ 8239—88, ГОСТ 8240—89, ГОСТ 535—88, ГОСТ 380—94. Полоса ГОСТ 103—70, ГОСТ 535—88.

Назначение — фасонный и листовой прокат толщиной от 10 до 36 мм для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках при температуре от  $-40$  до  $+425$  °С, и для несущих элементов сварных конструкций, работающих при температуре от  $-40$  до  $+425$  °С при гарантируемой свариваемости.

### Химический состав, % (ГОСТ 380—94)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
0,14—0,22	0,80—1,10	0,15	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,0

не более

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
			не менее		
ГОСТ 380—94	Сталь горячекатаная	До 20	245	370—490	26
		Св. 20 до 40	235		25
		Св. 40 до 100	225		23
		Св. 100	205		23



### Ударная вязкость KCU (ГОСТ 380-94)

Вид проката	Направление вырезки образца	Сечение, мм	KCU, Дж/см <sup>2</sup>		
			+20 °C	-20 °C	после механического старения
			не менее		
Лист	Поперечное	5-9	78	39	39
		10-30	69	29	29
		31-40	49	-	-
Универсальный	Продольное	5-9	98	49	49
		10-30	78	29	29
		31-40	69	-	-
Сортовой и фасонный	То же	5-9	108	49	49
		10-30	98	29	29
		31-40	88	-	-

### Ударная вязкость KCU в состоянии поставки [81]

Толщина листа, мм	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °C				
	+20	0	-20	-30	-40
12-20	87-195	54-129	34-125	-	25-111
30	87-132	60-98	23-96	-	16-69
40	162-179	94-103	93-103	20-46	10-36
50	130-173	71-130	18-84	19-56	7-30
10-20*1	116-219	77-204	32-146	-	17-132

\*1 Фасонный прокат.

### Механические свойства при повышенных температурах [183]

t <sub>исп.</sub> , °C	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Лист горячекатаный толщиной до 12-50 мм</i>					
20	225-390	410-570	26-39	58-68	-
200	215-390	-	-	-	-
300	215-360	-	-	-	-
400	195-265	-	-	-	-
500	175-245	300-400	-	65-76	-
<i>Лист горячекатаный толщиной 20 мм, деформированный, старение при 350 °C, выдержка 1000 ч</i>					
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

### Предел выносливости при $n = 10^7$ [81] (лист горячекатаный толщиной 40 мм, образцы диаметром 10 мм)

Образец	σ <sub>-1</sub> , МПа
Гладкий	181
С надрезом	104

### Технологические свойства [81, 84]

Температураковки, °C: начала 1250, конца 800.

Свариваемость — сваривается без ограничений; способы сварки: РДС, АДС под

флюсом и газовой защитой, ЭШС и КТС. Для толщины свыше 36 мм рекомендуется подогрев и обязательная последующая термообработка.

Обработываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,8$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,6$  в горячекатаном состоянии при  $HV 124$  и  $\sigma_B = 400$  МПа.

Флокочувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Сталь ВСт4кп

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86, ГОСТ 8239–89, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 380–94. Лист тонкий ГОСТ 16523–89. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 535–88. Трубы ГОСТ 10705–80.

Назначение — сварные, клепаные и болтовые конструкции повышенной прочности в виде сортового, фасонного и листового проката, а также для малонагруженных деталей.

#### Температура критических точек, °С [84]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
735	840	825	680

#### Химический состав, % (ГОСТ 380–94)

С	Мп	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
		не более						
0,18–0,27	0,40–0,70	0,07	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

#### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 380–94	Сталь горячекатаная	До 20	255	400–510	25
		Св. 20 до 40	245		24
		Св. 40 до 100	235		22
		Св. 100	225		22
ГОСТ 16523–89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	До 2,0 вкл.	–		19
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.			21
	Лист холоднокатаный	До 2,0 вкл.	–		21
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.			23

#### Ударная вязкость КСУ [28]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	–20	–40
Лист горячекатаный	64–98	6–84	5–47
Лист после закалки 680–700 °С	65–138	6–97	5–28

П р и м е ч а н и е. При  $\sigma_B = 400–510$  МПа предел выносливости  $\sigma_{-1} = 196–225$  [162].

#### Технологические свойства [104]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850.

Свариваемость — сваривается ограниченно.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,7$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,7$  при  $HV 152$ .  
 Флоксеночувствительность — не чувствительна.  
 Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Сталь ВСт4пс

Заменитель — сталь ВСт4сп.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный; ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86, ГОСТ 8239–89, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 535–88, ГОСТ 380–94. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 535–88. Трубы ГОСТ 10704–91, ГОСТ 10705–80.

Назначение — сварные, клепаные и болтовые конструкции повышенной прочности в виде сортового, фасонного и листового проката, а также для мало-нагруженных деталей типа валов, осей, втулок и др.

### Температура критических точек, °С [84]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
735	840	825	680

### Химический состав, % (ГОСТ 380–94)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
			не более					
0,18–0,27	0,40–0,70	0,05–0,07	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 380–94	Лист горячекатаный	До 20	265	410–530	24
		Св. 20 до 40	255		23
		Св. 40 до 100	245		21
		Св. 100	235		21
ГОСТ 16523–89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	До 2,0 вкл.	–	410–530	(19)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.	–		(21)
	Лист холоднокатаный	До 2,0 вкл.	–	410–530	(21)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.	–		(23)

### Ударная вязкость (ГОСТ 380–94)

Состояние поставки	Сечение, мм	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
Лист (образцы поперечные)	5–9	69
	10–25	59
	26–40	39
	5–9	98
Сортовой и фасонный прокат	10–25	88
	26–40	69

### Механические свойства при повышенных температурах [140]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
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

Примечание. При  $\sigma_B = 410\text{--}530$  МПа предел выносливости  $\sigma_B = 196\text{--}235$  МПа [162].

### Технологические свойства [28, 84, 104]

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1280, конца 800.

Свариваемость — сваривается ограниченно.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,7$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,7$  при  $HB 152$ .

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Сталь ВСт5пс

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 19771–93, ГОСТ 19772–93, ГОСТ 8278–83, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–72, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 8239–89, ГОСТ 380–94, ГОСТ 535–88. Лист толстый ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 19903–74. Лента ГОСТ 6009–74. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70. Проволока ГОСТ 2590–88. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 8479–70. Трубы ГОСТ 8639–82.

Назначение — детали клепаных конструкций, болты, гайки, ручки, тяги, втулки, ходовые валики, клинья, цапфы, рычаги, упоры, штыри, пальцы, стержни, звездочки, трубчатые решетки, фланцы и другие детали, работающие в интервале температур от 0 до  $+425$   $^\circ\text{C}$ ; поковки сечением до 800 мм.

### Температура критических точек, $^\circ\text{C}$ [84]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
730	825	815	690

### Химический состав, % (ГОСТ 380–94)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
0,28–0,37	0,50–0,80	0,05–0,17	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta_5 (\delta_4), \%$
			не менее		
ГОСТ 380–94	Сталь горячекатаная	До 20	285	490–630	20
		Св. 20 до 40	275		19
		Св. 40 до 100	265		17
		Св. 100	255		17
ГОСТ 16523–89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	До 2,0 вкл.	—	490–630	(17)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.			(19)
	Лист холоднокатаный	До 2,0 вкл.	—	490–630	(19)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.			(21)

### Механические свойства при повышенных температурах [84]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
20	330	535	25	52	64
100	310	500	20	54	69
200	305	—	19	40	78
300	215	—	22	50	69
400	185	500	23	64	59
500	160	365	24	70	—
600	88	195	35	80	—

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [190]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$
200	890	1080	4
300	780	900	7
400	690	780	11
500	600	700	15
600	530	650	19

Примечание. Стержень диаметром 14–16 мм; закалка с 900 °С в воде. Охлаждение после отпуска в печи.

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1260, конца 750. Сечения до 800 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — ограниченно свариваемая; способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка. КТС без ограничений.

Обработываемость резанием —  $K_{у\text{ тв.спл}} = 1,2$  и  $K_{у\text{ б.ст}} = 1,2$  в горячекатаном состоянии при  $HВ\ 158$  и  $\sigma_b = 640$  МПа.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Сталь ВСт5сп

Заменитель — сталь Стбсп, ВСт4сп.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 535–88, ГОСТ 19771–93, ГОСТ 19772–93, ГОСТ 8278–93, ГОСТ 380–94, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 8239–89. Лист толстый ГОСТ 19903–74. Лента ГОСТ 6009–74. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70, ГОСТ 535–88. Проволока ГОСТ 2590–88. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 8479–70. Труба ГОСТ 8639–82, ГОСТ 8731–74. Лист тонкий ГОСТ 19903–74.

Назначение — то же, что и стали ВСт5пс.

### Температура критических точек, °С [84]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
730	825	815	690

### Химический состав, % (ГОСТ 380-94)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
0,28-0,37	0,50-0,80	0,15-0,35	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

### Механические свойства проката

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 380-94	Сталь горячекатаная	До 20	285	490-630	20
		Св. 20 до 40	275		19
		Св. 40 до 100	265		17
		Св. 100	255		17
ГОСТ 16523-89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	До 2,0 вкл.	—	490-630	(17)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.	—		(19)
	Лист холоднокатаный	До 2,0 вкл.	—	490-630	(19)
		Св. 2,0 до 3,9 вкл.	—		(21)
ГОСТ 8731-74	Труба горячедеформированная, термообработанная	—	275	490	17

### Механические свойства поковок

ГОСТ	Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB	
			не менее						
ГОСТ 8479-70	Нормализация	100-300	175	350	24	50	59	101-143	
		300-500			22	45	54		
		500-800			20	40	49		
		100-300	195	390	23	50	54		111-156
		300-500			20	45	49		
		500-800			18	38	44		

### Ударная вязкость KCU [84]

Толщина листа, мм	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °C		
	+20	-10	-40
11	71	24	12
20	57	24	10
40	71	36	15
50	71	29	15

### Механические свойства при повышенных температурах [84]

$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	<i>Прокат</i>				
20	320	490	28	58	83
100	—	—	—	—	93
200	—	—	—	—	97
300	200	—	—	—	97
400	165	470	—	66	69
500	150	330	—	70	47
600	73	155	44	92	79

Продолжение

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Образец диаметром 5 мм, длиной 25 мм, прокатанный. Скорость деформирования 2 мм/мин, скорость деформации 0,001 1/с [81]</i>					
900	40	66	62	90	—
1000	37	49	81	90	—
1100	14	28	65	90	—
1200	—	16	59	90	—

Примечание. При  $n = 10^6$  предел выносливости  $\sigma_{-1} = 274$  МПа, при  $n = 5 \cdot 10^6$   $\sigma_{-1} = 223$  МПа [116].

### Технологические свойства [81]

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1260, конца 750. Сечения до 800 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — ограниченно свариваемая; способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка. КТС без ограничений.

Обработываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,2$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,2$  в горячекатаном состоянии при  $HV 158, \sigma_b = 640$  МПа.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Сталь ВСт6пс

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 8509–86, ГОСТ 8510–86, ГОСТ 8239–89, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 380–94. Полоса ГОСТ 103–76. ГОСТ 535–88.

Назначение — для деталей повышенной прочности: осей, валов, пальцев поршней и т. д.

### Температура критических точек, $^\circ\text{C}$ [84]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
725	790	780	690

### Химический состав, % (ГОСТ 380–94)

С	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
			не более					
0,38–0,49	0,50–0,80	0,05–0,17	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

### Механические свойства (ГОСТ 380–94)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$
		не менее		
Сталь горячекатаная	До 20	315	590	15
	Св. 20 до 40	305	590	14
	Св. 40	295	590	12

Примечание. При  $\sigma_b = 590$  МПа предел выносливости  $\sigma_{-1} = 245$  МПа [162].

## Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1250, конца 780. Сечения до 400 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — ограниченно свариваемая; способы сварки РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_v$  тв.спл = 1,2 и  $K_v$  б.ст = 1,2 в горячекатаном состоянии при  $HV$  158 и  $\sigma_B = 640$  МПа.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь ВСт6сп

Заменитель — сталь ВСт5сп.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 8509-93, ГОСТ 8510-86, ГОСТ 8239-89, ГОСТ 8240-89, ГОСТ 535-88, ГОСТ 380-94. Лист толстый ГОСТ 19903-74. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 82-70, ГОСТ 535-79. Трубы ГОСТ 8734-75.

Назначение — для деталей повышенной прочности: осей, валов, пальцев поршней и других деталей в термообработанном состоянии, а также для стержневой арматуры периодического профиля.

## Температура критических точек, °С [84]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
725	790	780	690

## Химический состав, % (ГОСТ 380-94)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
0,38-0,49	0,50-0,80	0,15-0,35	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

## Механические свойства проката

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 380-94	Сталь горячекатаная	До 20	315	590	15
		Св. 20 до 40	305		14
		Св. 40	295		12
ГОСТ 8731-74	Труба горячедеформированная термообработанная	—	305	590	14



### Механические свойства поковок [84]

Термообработка	Сечение, мм, не более	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
		не менее					
Отжиг при 830–860 °С	400	—	670	19	36	—	—
Изотермический отжиг 830–860 °С, выдержка при 630–660 °С	400	—	640	22	42	—	—
Нормализация при 840–880 °С, охл. на воздухе до 450–500 °С; высокий отпуск при 620–650 °С	300	—	640	23	42	—	197
Закалка с 840–860 °С в масле; отпуск при 580–620 °С	220	390–530	700–850	17–24	46–54	34–54	—
Закалка с 840–860 °С в воде; отпуск при 600–640 °С	220	390–530	670–810	18–23	50–57	39–64	—

### Ударная вязкость КСУ [84]

КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
+20	–30	–60
63	46	12

Примечание. При  $\sigma_b = 590$  МПа предел выносливости  $\sigma_{-1} = 245$  МПа [162].

### Механические свойства при повышенных температурах [84]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Прокат</i>					
20	325	535	25	52	63
100	305	505	20	53	71
200	305	—	—	39	82
300	200	—	21	51	71
400	180	500	23	64	60
500	150	355	24	70	43
600	81	190	25	83	74
<i>Образец диаметром 10 и длиной 100 мм прокатанный.</i>					
<i>Скорость деформирования 120 мм/мин; скорость деформации 0,02 1/с [81]</i>					
700	—	165	33	94	—
800	—	105	62	95	—
900	—	75	50	93	—
<i>Образец диаметром 10 и длиной 50 мм прокатанный.</i>					
<i>Скорость деформирования 120 мм/мин; скорость деформации 0,04 1/с [81]</i>					
1000	—	55	92	100	—
1100	—	37	100	100	—
1200	—	27	106	100	—

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1250, конца 780. Сечения до 400 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — ограниченно свариваемая; способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Обработываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,2$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,2$  в горячекатаном состоянии при  $\sigma_b = 640$  МПа и  $HB 158$ .

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## СТАЛЬ КОНСТРУКЦИОННАЯ УГЛЕРОДИСТАЯ КАЧЕСТВЕННАЯ

### Сталь 05кп

Вид поставки — калиброванный пруток ГОСТ 7417–75.

Назначение — неотчетственные детали, изготавливаемые методом холодноштамповки и высадки.

#### Температура критических точек, °С [89]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
720	880	—	700

#### Химический состав, % (ГОСТ 1050–88)

С	Mn	Si	Cr	S	P	Cu	Ni	As
			не более					
0,06	0,40	0,03	0,10	0,040	0,035	0,25	0,25	0,08

#### Механические свойства [89, 135]

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	Твердость $HB$
Пруток прокатанный, охлажденный на воздухе	25	—	—	111–131
Лист горячекатаный	4	255–370	27–30	—
Лист холоднокатаный	4	255–370	30–34	—

#### Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1280, конца 850.

Свариваемость — без ограничений: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, КТС, АрДС.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь 08

Заменитель — сталь 10.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590—88, ГОСТ 2591—88, ГОСТ 2879—88, ГОСТ 8509—93, ГОСТ 8510—86, ГОСТ 1050—88, ГОСТ 8240—89, ГОСТ 8239—89, ГОСТ 10702—78. Калиброванный пруток ГОСТ 7417—75, ГОСТ 8560—78, ГОСТ 8559—75, ГОСТ 10702—78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 10702—78, ГОСТ 14955—77. Лист толстый ГОСТ 1577—93, ГОСТ 19903—74. Лист тонкий ГОСТ 16523—89. Лента ГОСТ 6009—74, ГОСТ 10234—77. Полоса ГОСТ 103—76, ГОСТ 82—70, ГОСТ 1577—93. Проволока ГОСТ 5663—79, ГОСТ 10702—78. Трубы ГОСТ 10704—91, ГОСТ 10705—80.

Назначение — детали, к которым предъявляются требования высокой пластичности: шайбы, патрубки, прокладки и другие неотчетственные детали, работающие в интервале температур от -40 до 450 °С.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
735	874	854	680

### Химический состав, % (ГОСТ 1050—88)

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu	As
					не более			
0,05—0,12	0,35—0,65	0,17—0,37	0,10	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	Твердость НВ, не более
			не менее		
ГОСТ 1050—88	Сталь горячекатаная кованая, калиброванная и серебрянка 2-й категории после нормализации	325	33	60	
ГОСТ 10702—78	Сталь калиброванная и калиброванная со специальной отделкой после отжига или отпуска	315—410	—	55	131
	Сталь нагартованная калиброванная и калиброванная со специальной отделкой без термообработки	370	8	55	179
ГОСТ 1577—93	Лист нормализованный и горячекатаный	310	32	—	—
	Полоса нормализованная или горячекатаная	320	33	60	—
ГОСТ 10234—77	Лента отожженная плющенная	Не более 450	20	—	—
ГОСТ 4041—71 (образцы поперечные)	Лист термообработанный 1 и 2-й категории	275—410	32	—	109
ГОСТ 16523—89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	275—390	24	—	—

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
20	175	315	20	77	63
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	78

Примечание. Сталь горячекатаная при  $\sigma_b = 325 \text{ МПа}$  и  $\sigma_{0,2} = 195 \text{ МПа}$  предел выносливости  $\sigma_{-1} = 176 \text{ МПа}$ .

### Ударная вязкость KCU [81]

Состояние поставки	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °C		
	+20	-20	-40
Пруток диаметром 20 мм, нормализация 950 °C	235	91	10

### Технологические свойства [81, 140]

Температура ковки, °C: начала 1250, конца 800. Заготовки сечением до 300 мм охлаждаются на воздухе,  $\sigma_{1/100000}^{400} = 76 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{1/10000}^{400} = 108 \text{ МПа}$ .

Свариваемость — без ограничений, кроме деталей после ХТО; способы сварки РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, КТС.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 2,1$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,65$  в горячекатаном состоянии при  $HV_{131}$  и  $\sigma_b = 315\text{--}410 \text{ МПа}$ .

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

### Сталь 08 (кп, пс)

Заменитель — сталь 08.

Вид поставки—сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590—88, ГОСТ 2879—88, ГОСТ 10702—78. Калиброванный прутки ГОСТ 7417—75, ГОСТ 8560—78, ГОСТ 10702—78. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 14955—77, ГОСТ 10702—78. Лист тонкий ГОСТ 16523—89, ГОСТ 19903—74, ГОСТ 19904—90, ГОСТ 9045—90. Лента ГОСТ 503—81, ГОСТ 10234—77. Полоса ГОСТ 1577—93, ГОСТ 82—70. Трубы ГОСТ 10705—80, ГОСТ 10704—91. Лист толстый ГОСТ 4041—71, ГОСТ 19903—74, ГОСТ 1577—93.

Назначение — для прокладок, шайб, вилок, труб, а также деталей, подверженных химико-термической обработке, — втулок, проушин, тяг.

### Температура критических точек, °C [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
732	874	854	680

### Химический состав, % (ГОСТ 1050–88)

Сталь	C	Mn	Si	Cr	S	P	Cu	Ni	As
				не более					
08кп	0,05–0,11	0,25–0,50	До 0,03	0,10	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08
08пс	0,05–0,11	0,35–0,65	0,05–0,17						

### Механические свойства в зависимости от сечения

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %	$\psi$ , %
			не менее			
ГОСТ 1577–81	Полоса нормализованная или горячекатаная	6–25	175	295	35	60
ГОСТ 16523–89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	До 2	–	275–390	(24)	–
		2–3,9	–	275–390	(26)	–
	Лист холоднокатаный	До 2	–	275–390	(25)	–
		2–3,9	–	275–390	(28)	–

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %	$\psi$ , %	Твердость НВ	
			не менее			
ГОСТ 4041–71 (образцы поперечные)	Лист термообработанный 3-й категории	Не более 365	36	–	98	
ГОСТ 9045–93 (образцы поперечные)	Холоднокатаный	255–365	(28)	–	–	
ГОСТ 10234–77	Лента отожженная плющенная	Не более 450	20	–	–	
ГОСТ 503–81	Лента холоднокатаная:	особомягкая	245–390	(23)	–	–
		мягкая	315–440	(17)	–	–
		полунагартованная	370–510	(7)	–	–
		нагартованная	440–590	(4)	–	–
ГОСТ 10702–78	Сталь калиброванная и калиброванная со специальной отделкой:	после отжига или отпуска	310–410	–	60	131
		после сфероидизирующего отжига	290–390	–	60	131
		нагартованная	370	8	60	179

### Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1250, конца 800. Сечения до 300 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — сваривается без ограничений, кроме химико-термически обработанных деталей; способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, КТС.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 2,1$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,65$  в горячекатаном состоянии при НВ 131 и  $\sigma_B = 315\text{--}410$  МПа.

Флокочувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь 10

Заменитель — стали 08, 15, 08кп.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1050–88, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 8239–89. Калиброванный пруток ГОСТ 10702–78, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 10702–78, ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 1577–93, ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 16523–89. Лента ГОСТ 6009–74. ГОСТ 10234–77. Полоса ГОСТ 1577–93, ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70. Проволока ГОСТ 17305–91, ГОСТ 5663–79. Трубы ГОСТ 8731–74, ГОСТ 8732–78, ГОСТ 8733–74, ГОСТ 8734–75, ГОСТ 10705–80, ГОСТ 10704–91, ГОСТ 1060–83, ГОСТ 5654–76, ГОСТ 550–75.

Назначение — детали, работающие при температуре от –40 до 450 °С, к которым предъявляются требования высокой пластичности. После ХТО — детали с высокой поверхностной твердостью при невысокой прочности сердцевины.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
732	870	854	680

### Химический состав, % (ГОСТ 1050–88)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
			не более					
0,07–0,14	0,17–0,37	0,35–0,65	0,15	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> (δ <sub>4</sub> ), %	ψ, %	Твердость HВ, не более	
		не менее				
ГОСТ 1050–88	Сталь горячекатаная кованая, калиброванная и серебрянка 2-й категории после нормализации	335	31	55	–	
ГОСТ 10702–78	Сталь калиброванная и калиброванная со специальной отделкой:	после отжига или отпуска	335–450	–	55	143
		после сфероидизирующего отжига	315–410	–	55	143
		нагартованная без термообработки	390	8	50	187
ГОСТ 1577–93	Полоса нормализованная или горячекатаная	335	31	55	–	
ГОСТ 16523–89	Лист горячекатаный	295–410	(24)	–	–	
	Лист холоднокатаный	295–410	(25)	–	–	
ГОСТ 4041–71	Лист термически обработанный 1 и 2-й категорий	295–420	32	–	117	
ГОСТ 8731–74	Труба горячедеформированная термообработанная	355	24	–	137	
ГОСТ 8733–74	Труба холодно- и теплодеформированная термообработанная	345	24	–	137	
–	Цементация при 920–950 °С [81]; закалка с 790–810 °С в воде; отпуск при 180–200 °С, охл. на воздухе	390	25	55	Св. HRC <sub>3</sub> 137* <sup>1</sup> ; 63* <sup>2</sup>	

\*1 Сердцевины.

\*2 Поверхности.

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	260	420	32	69	221
200	220	485	20	55	176
300	175	515	23	55	142
400	170	355	24	70	98
500	160	255	19	63	78

Примечание. Нормализация при 900–920 °C, охл. на воздухе.

### Предел выносливости [104]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	$n$
Нормализация при 900–920 °C	157–216	51	10 <sup>6</sup>

Примечание.  $\sigma_{1/1000}^{400} = 108$  МПа,  $\sigma_{1/100000}^{400} = 78$  МПа,  $\sigma_{1/10000}^{450} = 69$  МПа,  $\sigma_{1/100000}^{450} = 44$  МПа [135].

### Ударная вязкость КСУ

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °C			
	+20	-20 (-30)	-40 (-50)	-60
Отсутствует	235	196	157	78
Нормализация [81]	73–265	(203–216)	(179)	–
Отжиг [28]	59–245	49–174	45–83	19–42

Примечание. Пруток диаметром 35 мм.

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °C: начала 1300, конца 700. Охлаждение на воздухе.

Свариваемость — сваривается без ограничений, кроме деталей после химико-термической обработки. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, КТС.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, тв.спл} = 2,1$  и  $K_{v, б.ст} = 1,6$  в горячекатаном состоянии при  $HV 99–107$  и  $\sigma_B = 450$  МПа.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Прокаливаемость

Твердость HRC <sub>3</sub> на расстоянии от торца, мм			
1,5	3	4,5	6
31	29	26	20,5

## Сталь 10 (кп, пс)

Заменитель — стали 08кп, 15кп, 10.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 10702–78, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 19771–93, ГОСТ 19772–93, ГОСТ 8278–83,

ГОСТ 8281–80, ГОСТ 8282–83, ГОСТ 8283–93. Калиброванный прутки ГОСТ 10702–78, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 10702–78, ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 4041–71, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 1577–93. Лист тонкий ГОСТ 16523–89, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 19904–90. Лента ГОСТ 503–81, ГОСТ 10234–77. Полоса ГОСТ 1577–93, ГОСТ 82–70. Проволока ГОСТ 5663–79, ГОСТ 2771–81, ГОСТ 17305–91. Трубы ГОСТ 10705–80, ГОСТ 10704–91.

Назначение — детали, работающие при температуре до 450 °С, к которым предъявляются требования высокой пластичности, а также втулки, ушки, шайбы, винты и другие детали после ХТО, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и износостойкости при невысокой прочности сердцевин.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
732	870	854	680

### Химический состав, % (ГОСТ 1050–88)

Сталь	C	Mn	Si	Cr	S	P	Cu	Ni	As
				не более					
10кп	0,07–0,14	0,07	0,25–0,50	0,15	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08
10пс	0,07–0,14	0,05–0,17	0,35–0,65	0,15	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %	$\psi$ , %	Твердость НВ, не более
		не менее			
ГОСТ 10702–78	Сталь калиброванная и калиброванная со специальной отделкой:				
	после отжига или отпуска	315–410	–	50	143
	после сфероидизирующего отжига	295–390	–	50	143
ГОСТ 4041–71 (образцы поперечные)	нагартованная без термообработки	370	8	55	179
	Лист термически обработанный 1 и 2-й категорий	275–410	32	–	114
ГОСТ 10234–77	Лента плющенная:				
	нагартованная	500–800	–	–	–
ГОСТ 503–81	отожженная	До 450	20	–	–
	Лента холоднокатаная:				
	мягкая	315–440	(17)	–	–
	полунагартованная	375–510	(7)	–	–
	нагартованная	440–590	(4)	–	–

### Твердость стали после термообработки [82]

Термообработка	Твердость	
	сердцевинны	поверхности
Цементация при 920–950 °С, закалка с 790–810 °С в воде, отпуск при 180–200 °С, охл. на воздухе	До 137 НВ	57–63 HRC <sub>3</sub>

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1300, конца 700.  
Охлаждение на воздухе.



Свариваемость — сваривается без ограничений, кроме деталей после ХТО.

Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, КТС.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 2,1$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,6$  в горячекатаном состоянии при  $HV\ 99-107$  и  $\sigma_b = 450$  МПа.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь 15

Заменитель — стали 10, 20.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1050–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 8239–89, ГОСТ 2590–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 10702–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 10702–78. Лист толстый ГОСТ 1577–93, ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 16523–87. Лента ГОСТ 6009–74, ГОСТ 2284–78, ГОСТ 10234–77. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70. Проволока ГОСТ 5663–79, ГОСТ 17305–91. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 8479–70. Трубы ГОСТ 10705–80, ГОСТ 10704–91.

Назначение — болты, винты, крюки и другие детали, к которым предъявляются требования высокой пластичности и работающие при температуре от  $-40$  до  $450$  °С; после ХТО — рычаги, кулачки, гайки и другие детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и невысокой прочности сердцевины.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
735	860	840	685

### Химический состав, % (ГОСТ 1050–88)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
0,12–0,19	0,17–0,37	0,35–0,65	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

### Механические свойства проката

ГОСТ	Состояние поставки	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %	$\psi$ , %	Твердость HV, не более
		не менее			
ГОСТ 1050–88	Сталь горячекатаная, кованая, калиброванная и серебрянка 2-й категории после нормализации	375	27	55	–
	Сталь калиброванная 5-й категории после отжига или высокого отпуска	345	23	55	–
ГОСТ 10702–78	Сталь калиброванная и калиброванная со специальной отделкой:				
	после отжига или отпуска	365–470	–	55	149
	после сфероидизирующего отжига	325–420	–	55	149
	нагартованная без термообработки	440	8	45	197

Продолжение.

ГОСТ	Состояние поставки	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %	$\psi$ , %	Твердость НВ, не более
		не менее			
ГОСТ 1577-93	Полоса нормализованная или горячекатаная	370	27	55	-
ГОСТ 16523-89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	330-460	(23)	-	-
	Лист холоднокатаный	330-460	(24)	-	-

### Механические свойства поковок

ГОСТ	Режим термо-обработки	Сече-ние, мм	КП	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твер-дость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 8479-70	Нормализация	До 100	175	175	355	28	55	64	101-143
		100-300	175	175	355	24	50	59	101-143
		До 100	195	195	390	26	55	59	111-156

### Твердость и предел выносливости после термообработки [81]

Термообработка	Твердость поверхности HRC <sub>3</sub>	$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$	Характеристики прочности
Цементация при 900-920 °С, охл. на воздухе; закалка с 760-780 °С в воде; отпуск при 160-200 °С охл. на воздухе	57-63	176	10 <sup>7</sup>	$\sigma_{0,2} = 220$ МПа, $\sigma_b = 395$ МПа [37]
		213	-	$\sigma_{0,2} = 310$ МПа, $\sigma_b = 470$ МПа [24]
		293	-	$\sigma_{0,2} = 370$ МПа, $\sigma_b = 410$ МПа [24]

### Механические свойства при повышенных температурах [135]

$t_{исп.}$ , °С	Состояние поставки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
20	Груток диаметром 45 мм.	215	420	33	70	211
200	Нормализация при 900-920 °С,	205	400	24	68	216
300	отпуск при 650-660 °С	170	420	24	63	235
400		150	380	33	71	157
500		150	235	36	75	123

Примечание.  $\sigma_{1/100000}^{400} = 116$  МПа,  $\sigma_{1/100000}^{400} = 93$  МПа,  $\sigma_{1/100000}^{450} = 78$  МПа,  $\sigma_{1/100000}^{450} = 47$  МПа [135].

### Ударная вязкость KCU [81]

Состояние поставки	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Горячекатаное	73-113	75-86	14-26	16
Отожженное	82-84	49-57	14-35	8
Нормализованное	120	53-80	66	48-65

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1300, конца 700. Охлаждение на воздухе.

Свариваемость — сваривается без ограничений, кроме деталей после ХТО. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, КТС.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,8$  в горячекатаном состоянии при  $HB 143$  [52].

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Прокаливаемость

Твердость $HRB$ на расстоянии от торца, мм									
1,5	3	4,5	6	9	12	15	18	21	24
102–108	94–99	90–96	88–94	85–91,5	82,5–99	79,5–87	78–84	75,5–81,5	74–80

### Сталь 15 (кп, пс)

Заменитель — стали 10кп, 20кп.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 19771–93, ГОСТ 8278–83, ГОСТ 10772–78, ГОСТ 8281–80, ГОСТ 8282–83, ГОСТ 8283–93, ГОСТ 10702–78. Калиброванный прутки ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 10702–78. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 19903–74, ГОСТ 4041–71, ГОСТ 1577–93. Лист тонкий ГОСТ 19903–74, ГОСТ 16523–89, ГОСТ 19904–94. Лента ГОСТ 10234–77. Полоса ГОСТ 82–70, ГОСТ 103–76, ГОСТ 1577–93. Проволока ГОСТ 17305–91, ГОСТ 2771–81, ГОСТ 5663–79. Трубы ГОСТ 10704–91, ГОСТ 10705–80.

Назначение — элементы трубных соединений, штуцера, вилки и другие детали котлотурбостроения, работающие при температурах от  $-40$  до  $425$  °С;

После цементации и цианирования — детали, от которых требуется высокая твердость поверхности и невысокая прочность сердцевины (крепежные детали, оси, рычаги и другие детали),

### Температура критических точек, °С [82]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
735	863	840	685

### Химический состав, % (ГОСТ 1050–88)

Сталь	C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu	As
				не более					
15кп	0,12–0,19	0,07	0,25–0,50	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08
15пс	0,12–0,19	0,05–0,17	0,35–0,65	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

## Механические свойства проката

ГОСТ	Состояние поставки	$\sigma_v$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость НВ, не более
		не менее			
ГОСТ 10702-78	Сталь калиброванная и калиброванная со специальной отделкой:				
	после отжига или отпуска нагартованная без термообработки	365-470	-	55	149
ГОСТ 1577-93	Лист нормализованный и горячекатаный	390	8	50	187
	Полоса нормализованная или горячекатаная	345	30	-	-
		355	29	55	-
ГОСТ 16523-89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	315-440	(23)	-	-
	Лист холоднокатаный	315-440	-	-	-
ГОСТ 4041-71 (образцы поперечные)	Лист термообработанный 1 и 2-й категорий	325-440	30	-	121

## Ударная вязкость КСУ

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	-20	-30	-40	-50
Нормализованное	274	108	59	34	20

## Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1300; конца 700. Охлаждение на воздухе.

Свариваемость — сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, КТС.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,8$  в горячекатаном состоянии при НВ 143 и  $\sigma_v = 450$  МПа [52].

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь 18кп

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 8509-93, ГОСТ 8510-86, ГОСТ 8239-89, ГОСТ 8240-89. Лист толстый ГОСТ 19903-74. Лента ГОСТ 19903-74. Полоса ГОСТ 82-70.

Назначение — для сварных строительных конструкций в виде листов различной толщины и фасонных профилей.

## Химический состав, % (ГОСТ 1050-88)

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu	As	N
		не более							
0,12-0,20	0,3-0,5	0,06	0,15	0,035	0,03	0,2	0,25	0,08	-

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
—	Лист и полоса горячекатаные	4–20	225	365–490	26
		Прокат фасонный горячекатаный	21–40	215	365–490
ГОСТ 19903–74	Лента горячекатаная	4–20	235	365–490	26
		2–8	—	340–450	(27)

### Сталь 20 (20A)

Заменитель — стали 15, 25.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1050–88, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 8239–89. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 10702–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 10702–78. Лист толстый ГОСТ 1577–93, ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 16523–89. Лента ГОСТ 6009–74, ГОСТ 10234–77. Полоса ГОСТ 1577–93, ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70. Проволока ГОСТ 5663–79, ГОСТ 17305–91. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 8479–70. Трубы ГОСТ 10704–91, ГОСТ 10705–80, ГОСТ 8731–87, ГОСТ 8732–78, ГОСТ 8733–87, ГОСТ 5654–76, ГОСТ 550–75.

Назначение — после нормализации или без термообработки крюки кранов, муфты, вкладыши подшипников и другие детали, работающие при температуре от –40 до 450 °С под давлением, после ХТО — шестерни, червяки и другие детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости при невысокой прочности сердцевины.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
735	850	835	680

### Химический состав, % (ГОСТ 1050–88)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
0,17–0,24	0,17–0,37	0,35–0,65	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08
не более								

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость HB, не более
		не менее			
ГОСТ 1050–88	Сталь калиброванная:				
	горячекатаная, кованая и серебрянка 2-й категории после нормализации	410	25	55	—
	5-й категории после нагартовки	490	7	40	—
	5-й категории после отжига или высокого отпуска	390	21	50	—

ГОСТ	Состояние поставки	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость НВ, не более
		не менее			
ГОСТ 10702-78	Сталь калиброванная и калиброванная со специальной отделкой: после отпуска или отжига после сфероидизирующего отжига нагартованная без термообработки	390-490	-	50	163
		340-440	-	50	163
		490	7	40	207
		410	25	55	-
ГОСТ 1577-93	Полоса нормализованная или горячекатаная	340-490	28	-	127
ГОСТ 4041-71 (образцы поперечные)	Лист термообработанный 1 и 2-й категорий				

## Механические свойства поковок (ГОСТ 8479-70)

Термообработка	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
			не менее					
Нормализация	До 100	175	175	350	28	55	64	101-143
	100-300			350	24	50	59	101-143
	300-500			350	22	45	54	101-143
	500-800	195	195	350	20	40	49	101-143
	До 100			390	26	55	59	111-156
	100-300			390	23	50	54	111-156
Закалка + отпуск	До 100	215	215	430	24	53	54	123-167
	100-300			430	20	48	49	123-167
	100-300	245	245	470	19	42	39	143-179

## Механические свойства стали после ХТО [81]

Режим ХТО	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
		не менее					
Цементация при 920-950 °С, охл. на воздухе; закалка с 800-820 °С в воде; отпуск при 180-200 °С, охл. на воздухе	50	290-340	490-590	18	45	54	НРС, 156 - сердцевины; НВ 55-63 - поверхности

Предел выносливости ( $n = 10^7$ )

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
$\sigma_{0,2} = 320$ МПа, $\sigma_b = 500$ МПа [77]	206	-
$\sigma_{0,2} = 310$ МПа, $\sigma_b = 520$ МПа, НВ 149 [161]	245	-
$\sigma_{0,2} = 280$ МПа, $\sigma_b = 490$ МПа, НВ 139 [161]	225	-
-	205	127* <sup>1</sup>
$\sigma_{0,2} = 280$ МПа, $\sigma_b = 420$ МПа [140]	193	-
-	255	451* <sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Нормализация при 910 °С, отпуск при 620 °С.\*<sup>2</sup> Цементация при 930 °С, отпуск при 190 °С.

## Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	280	430	34	67	218
200	230	405	28	67	186
300	170	415	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	—

### Ударная вязкость КСУ [81]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, $^\circ\text{C}$			
	+20	-20	-40	-60
Отжиг	110	68	47	10
Нормализация	157	109	86	15-38

Примечание.  $\sigma_{1/100000}^{400} = 98 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/10000}^{400} = 49 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/100000}^{475} = 35 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/10000}^{450} = 120 \text{ МПа}$ ,  
 $\sigma_{1/100000}^{475} = 78 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/10000}^{480} = 59 \text{ МПа}$  [77].

### Технологические свойства [81]

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1280, конца 750. Охлаждение на воздухе.

Свариваемость — сваривается без ограничений, кроме деталей после ХТО.

Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, КТС.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v \text{ тв.спл}} = 1,7$  и  $K_{v \text{ б.ст}} = 1,6$  в горячекатаном состоянии при  $HV 126-131$  и  $\sigma_b = 450-490 \text{ МПа}$ .

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпусковой хрупкости — не склонна.

## Сталь 20 (кп, пс)

Заменитель — сталь 15кп.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 19772-93, ГОСТ 19771-93, ГОСТ 8278-75, ГОСТ 8281-80, ГОСТ 8282-83, ГОСТ 8283-93, ГОСТ 10702-78. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 10702-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77, ГОСТ 10702-78. Лист толстый ГОСТ 19903-74, ГОСТ 4041-71, ГОСТ 1577-93. Лист тонкий ГОСТ 19903-74, ГОСТ 16523-89, ГОСТ 19904-90. Лента ГОСТ 10234-77. Полоса ГОСТ 82-70, ГОСТ 103-76, ГОСТ 1577-93. Проволока ГОСТ 17305-91, ГОСТ 2771-81, ГОСТ 3282-74, ГОСТ 5663-79. Трубы ГОСТ 10705-80, ГОСТ 10704-91.

Назначение — без термообработки или после нормализации — патрубки, штуцера, вилки, болты, фланцы, корпуса аппаратов и другие детали из кипящей стали, работающие от  $-20$  до  $425 \text{ }^\circ\text{C}$ ; после цементации и цианирования — детали, от которых требуется высокая твердость поверхности и невысокая прочность сердцевины (оси, крепежные детали, пальцы, звездочки и другие).

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
735	850	835	680

### Химический состав, % (ГОСТ 1050-88)

Сталь	C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
				не более					
20кп	0,17-0,24	0,07	0,25-0,50	0,25	0,040	0,035	0,25	0,25	0,08
20пс	0,17-0,24	0,05-0,17	0,35-0,65	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость HB, не более
		не менее			
ГОСТ 10702-78	Сталь калиброванная и калиброванная со специальной отделкой после отжига или отпуска после сфероидизирующего отжига нагартованная без термообработки	390-490	7	50	163
		345-440		50	163
		490		45	197
ГОСТ 1577-93	Полоса нормализованная или горячекатаная	380	27	55	-
ГОСТ 4041-71 (образцы поперечные)	Лист термообработанный 1 и 2-й категории	345-490	28	-	127

### Механические свойства стали после ХТО [81]

Режим ХТО	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB, не более
		не менее					
Цементация при 920-950 °С на воздухе; закалка с 800-820 °С в воде; отпуск при 180-200 °С охл. на воздухе	50	296	490	16	40	49	HRC <sub>3</sub> * <sup>1</sup> 156; HB 55-63* <sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Сердцевины.

\*<sup>2</sup> Поверхности.

### Ударная вязкость КСУ [28]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
После закалки и отпуска	257	200-223	170-304	174
После нормализации	225-230	131-180	127-147	9-80
После отжига	132-143	41	15	15

Примечание. Полоса толщиной 12 мм.

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1280, конца 750. Охлаждение на воздухе.

Свариваемость — сваривается без ограничений (кроме ХТО деталей).

Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, КТС.



Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,7$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,6$  в горячекатаном состоянии при  $HB 130$

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

## Сталь 25

Заменитель — стали 20, 30.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1050–88, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 8239–89. Калиброванный прутки ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–76, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 10702–78. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 10702–78. Лист толстый ГОСТ 1577–93, ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 16523–89. Лента ГОСТ 6009–74, ГОСТ 2284–79. Полоса ГОСТ 1577–93, ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70. Проволока ГОСТ 5663–79, ГОСТ 17305–71. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 8479–70, ГОСТ 1133–71.

Назначение — оси, валы, соединительные муфты, собачки, рычаги, вилки, шайбы, валики, болты, фланцы, тройники, крепежные детали и другие неотчетственные детали; после ХТО — винты, втулки, собачки и другие детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и износостойкости при невысокой прочности сердцевины.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
735	835	825	680

### Химический состав, % (ГОСТ 1050–88)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
			не более					
0,22–0,30	0,17–0,37	0,50–0,80	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

### Механические свойства проката

ГОСТ	Состояние поставки	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %	$\psi$ , %	Твердость HB, не более
		не менее			
ГОСТ 1050–88	Сталь горячекатаная, ковая, калиброванная и серебрянка 2-й категории после нормализации.	450	23	50	–
	Сталь калиброванная 5-й категории после отжига или высокого отпуска	410	19	50	–
ГОСТ 10702–78	Сталь нагартованная калиброванная и калиброванная со специальной отделкой без термообработки	540	7	40	217
ГОСТ 1577–93	Полоса нормализованная или горячекатаная	450	23	50	–
ГОСТ 4041–71 (образцы поперечные)	Лист термообработанный 1 и 2-й категорий	390–540	26	–	138
ГОСТ 16523–89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	390–540	(21) (22)	–	–
	Лист холоднокатаный	390–540	–	–	–

### Механические свойства поковок (ГОСТ 8479-70)

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
		не менее					
Закалка + отпуск + нормализация	До 100	175	350	28	55	64	101-143
	100-300	175	350	24	50	59	101-143
	300-500	175	350	22	45	59	101-143
	До 100	195	390	26	55	59	111-156
	100-300	195	390	23	50	54	111-156
	300-500	195	390	20	45	49	111-156
	До 100	215	430	24	53	54	123-167
	100-300	215	430	20	48	49	123-167
Закалка + отпуск	До 100	245	470	22	48	49	143-179
	100-300	275	530	17	38	34	156-197

### Механические свойства стали после ХТО [81]

Режим ХТО	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость, не более
		не менее				
Цементация при 920-950 °С; закалка с 820-840 °С в воде; отпуск при 180-200 °С, охл. на воздухе	60	345	550	25	45	HRC <sub>3</sub> 170* <sup>1</sup> , HB 55-63* <sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Сердцевины.  
\*<sup>2</sup> Поверхности.

### Предел выносливости ( $n = 10^7$ ) [140]

Состояние стали	$\sigma_{-1}$ , МПа
Закалка с 870 °С в масле; отпуск при 480 °С, $\sigma_{0,2} = 330$ МПа, $\sigma_b = 460$ МПа	203
Отжиг, $\sigma_b = 410$ МПа	186
Нормализация, $\sigma_b = 450$ МПа	245
Горячая прокатка, $\sigma_b = 400$ МПа	225

### Ударная вязкость КСУ [81]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Отжиг	136-145	28-68	25-44	7,8
Нормализация	196	97-149	43-115	37-49

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп}$ , °С	Условия испытания	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_{10}(\delta_5)$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	После прокатки. Скорость деформирования 0,8 мм/мин	310	490	28	58	78
200		320	560	13	44	97
300		200	540	22	57	88
400		165	465	25	66	69
500	После прокатки. Образец диаметром 6 мм и длиной 30 мм. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с	150	330	28	70	49
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	-

Примечание.  $\sigma_{1/100000}^{400} = 137$  МПа,  $\sigma_{1/100000}^{400} = 103$  МПа,  $\sigma_{1/10000}^{450} = 81$  МПа,  $\sigma_{1/100000}^{450} = 52$  МПа.

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1280, конца 700. Охлаждение на воздухе,

Свариваемость — сваривается без ограничений, кроме деталей после ХТО. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, КТС.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,7$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,6$  в горячекатаном состоянии при  $\sigma_{\text{в}} = 450\text{--}490$  МПа.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь 30

Заменитель — стали 25, 35.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1050–88, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 8239–89. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–79, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 10702–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 10702–78. Лист толстый ГОСТ 1577–93, ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 16523–89. Лента ГОСТ 6009–74, ГОСТ 2284–79, ГОСТ 10234–77. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70, ГОСТ 1577–93. Проволока ГОСТ 5663–79, ГОСТ 17305–91. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70.

Назначение — тяги, серги, траверсы, рычаги, валы, звездочки, шпиндели, цилиндры прессов, соединительные муфты и другие детали невысокой прочности.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub> [2]
730	820	796	680	380

### Химический состав, % (ГОСТ 1050–88)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
0,27–0,35	0,17–0,37	0,50–0,80	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08
			не более					

### Механические свойства проката

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	Твердость НВ, не более
			не менее				
ГОСТ 1050–88	Сталь горячекатаная, кованая, калиброванная и серебрянка 2-й категории после нормализации	25	290	490	21	50	–
	Сталь калиброванная 5-й категории: после нагартовки	–	–	560	7	35	–
	после отжига или высокого отпуска	–	–	440	17	45	–
ГОСТ 10702–78	Сталь калиброванная и калиброванная со специальной отделкой	–	–	–	–	–	–
	после отжига или отпуска	–	–	До 570	–	45	179
	после сфероидизирующего отжига	–	–	До 520	–	45	179
	нагартованная без термообработки	–	–	560	7	40	229
ГОСТ 1577–93	Лист отожженный или высокоотпущенный	80	–	430	24	–	–
ГОСТ 1577–93	Полоса нормализованная или горячекатаная	6–25	293	490	21	50	–

Продолжение

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$ ,	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ ,	Твер- дость <i>HВ</i> , не более
			МПа	не менее			
ГОСТ 16523-89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	До 2	-	440-590 (19)	-	-	-
	Лист холоднокатаный	2-3,9	-	440-590 (20)	-	-	-
ГОСТ 16523-89 (образцы поперечные)	Лист термообработанный 1 и 2-й категорий	До 2	-	440-590 (20)	-	-	-
		2-3,9	-	440-590 (21)	-	-	-
ГОСТ 2284-79	Лента холоднокатаная: отожженная, нагартованная, класс прочности Н1	4-14	-	430-590	24	-	149
		0,1-4	-	400-650 (16)	-	-	-
ГОСТ 10234-77	Лента отожженная плющеноя	0,1-4	-	650-850	-	-	-
		0,1-4	-	До 600	15	-	-

**Механические свойства поковок после нормализации (ГОСТ 8479-70)**

Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость <i>HВ</i> , не более
		не менее					
300-500	175	175	350	22	45	54	101-143
500-800				20	40		
100-300	195	195	390	23	50	54	111-156
300-500				20	45		
500-800	215	215	430	18	38	44	123-167
100-300				20	48		
300-500	245	245	470	18	40	44	143-179
500-800				16	35		
До 100	245	245	470	22	48	49	143-179
100-300				19	42		
300-500				17	35	34	

**Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [50]**

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость <i>HВ</i>
400	420-490	560-680	16-24	53-64	90-190	153-189
500	390-440	540-630	18-27	61-68	120-210	150-175
600	350-390	490-570	21-28	66-72	150-230	138-158

Примечание. Прокат. Закалка с 860 °С в воде; образцы диаметром 60 мм.

**Предел выносливости [81]**

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа
Закалка с 830 °С в масле; отпуск при 640 °С, $\sigma_b = 530$ МПа	255
Нормализация при 875 °С, охл. на воздухе, $\sigma_b = 495$ МПа	206

Примечание.  $\sigma_{1/100000}^{400} = 108$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{425} = 81$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{450} = 54$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{500} = 22$  МПа.

**Механические свойства при повышенных температурах [81]**

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	320	530	25	52	62
300	205	580	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	-

## Ударная вязкость КСУ [81]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-40	-60
Закалка с 860 °С в воде; отпуск при 400 °С	72	45	42

Примечание. Заготовка диаметром 60 мм.

## Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1280, конца 750. Заготовки сечением до 800 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка. КТС без ограничений.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,7$  в горячекатаном состоянии при  $HV_{143}$  и  $\sigma_b = 460$  МПа.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Прокаливаемость, мм [50, 84]

Твердость $HRC_3$ на расстоянии от торца, мм (закалка с 900 °С)				
1,5	3	4,6	6	7,5
45,5	42,5	35	24	20,5

## Критический диаметр $d$

Термообработка	Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
Закалка	50	18	9

## Сталь 35

Заменитель — стали 30, 40, 35Г.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1050-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 8509-93, ГОСТ 8510-86, ГОСТ 8239-89, ГОСТ 8240-89, ГОСТ 10702-78. Калиброванный пруткок ГОСТ 10702-78, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруткок и серебрянка ГОСТ 10702-78, ГОСТ 14955-77. Лист толстый ГОСТ 1577-93, ГОСТ 19903-74, ГОСТ 4041-71. Лист тонкий ГОСТ 16523-78. Лента ГОСТ 2284-79. Полоса ГОСТ 1577-81, ГОСТ 103-76, ГОСТ 82-70. Проволока ГОСТ 5663-79, ГОСТ 17305-71. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70. Трубы ГОСТ 8734-75, ГОСТ 8731-74, ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8733-74.

Назначение — детали невысокой прочности, испытывающие небольшие напряжения: оси, цилиндры, коленчатые валы, шатуны, шпиндели, звездочки, тяги, ободы, траверсы, валы, бандажи, диски и другие детали.

## Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
730	810	796	680	360

### Химический состав, % (ГОСТ 1050-88)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
не более								
0,32-0,40	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

### Механические свойства проката

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>s</sub> (δ <sub>4</sub> ), %	ψ, %	Твердость НВ, не более
			не менее			
ГОСТ 1050-74	Сталь горячекатаная, кованая, калиброванная и серебрянка 2-й категории после нормализации	25	530	20	45	-
	Сталь калиброванная 5-й категории: после нагартовки	-	590	6	35	-
ГОСТ 10702-78	после отжига или высокого отпуска	-	470	15	45	-
	Сталь калиброванная и калиброванная со специальной отделкой: после сфероидизирующего отжига	-	До 540	-	45	187
ГОСТ 1577-93	нагартованная без термообработки	-	590	5	40	207
	Лист отожженный или высокоотпущенный	80	480	22	-	-
ГОСТ 16523-89	Полоса нормализованная или горячекатаная	6-25	530	20	45	-
	Лист горячекатаный	До 2	490-640	(17)	-	-
(образцы поперечные)	Лист холоднокатаный	2-3,9	490-640	(19)	-	-
	Лист термообработанный 1 и 2-й категории	4-14	480-630	22	-	163
ГОСТ 4041-71 (образцы поперечные)	Лента холоднокатаная: отожженная	0,1-4	400-650	(16)	-	-
ГОСТ 2284-88	нагартованная, класс прочности Н2	0,1-4	800-950	-	-	-
	Труба горяче-, холодно- и теплоде-	-	510	17	-	187
ГОСТ 8731-74	формированная, термообработанная					

### Механические свойства поковок (ГОСТ 8479-70)

Термообработка	Сече- ние, мм	КП	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>s</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
			не менее					
Нормализация	300-500	195	195	390	20	45	49	111-156
	500-800				18	38	44	
	100-300	215	215	430	20	48	49	123-167
	300-500				18	40	44	
Нормализация	500-800				16	35	39	
	До 100	245	245	470	22	48	49	143-179
	100-300				19	42	39	
	300-500				17	35	34	
Закалка + отпуск	До 100	275	275	530	20	40	44	156-197
	100-300				17	38	34	
	До 100	315	315	570	17	38	39	167-207
	До 100							

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [81]

t <sub>отп.</sub> , °C	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>s</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
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

Продолжение

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$	Твердость $HV$
600	410	620	18	71	176	175
700	340	580	19	73	186	162

Примечание. Заготовка диаметром 60 мм, закалка с 850 °С в воде.

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	Условия испытаний	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
200	После горячей прокатки	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
700	После прокатки. Образец диа-	100	150	34	75	—
800	метром 6 мм, длиной 30 мм.	69	110	56	100	—
900	Скорость деформирования	55	74	54	100	—
1000	16 мм/мин; скорость деформа-	30	51	69	100	—
1100	ции 0,009 1/с	21	39	74	100	—
1200		15	27	85	100	—
1300		18	23	58	100	—

### Предел выносливости [84]

Термообработка	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$\tau_{-1}, \text{МПа}$
Нормализация при 850 °С, $\sigma_B = 570 \text{ МПа}$	265	—
Нормализация при 850–890 °С; отпуск при 650–680 °С	245	147
Закалка с 850 °С, отпуск при 650 °С, $\sigma_B = 710 \text{ МПа}$	402	—

### Ударная вязкость $KCU$ [81]

Термообработка	$KCU, \text{Дж/см}^2$ , при температуре, °С				
	+20	-20	-30	-50	-60
Нормализация	63	47	45	14	12

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1280, конца 750. Заготовки сечением до 800 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДО под флюсом и газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка. КТС без ограничений.

Обработываемость резанием —  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,3$  в горячекатаном состоянии при  $HV$  144–156 и  $\sigma_B = 510 \text{ МПа}$ .

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Прокаливаемость (ГОСТ 1050–88) [51]

Полоса прокаливаемости стали 35 после нормализации при 850 °С и закалки с 850 °С приведена на рис. 1.

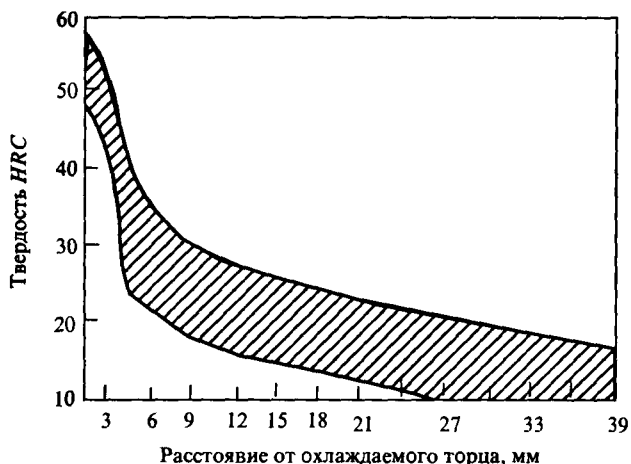


Рис. 1. Полоса прокаливаемости стали 35

### Сталь 40

Заменитель — стали 35, 45, 40Г.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1050–88, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86, ГОСТ 8239–89, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 10702–78, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 10702–78, ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 1577–93, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 4041–71. Лист тонкий ГОСТ 16523–70. Лента ГОСТ 10234–77, ГОСТ 2284–79. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70, ГОСТ 1577–93. Проволока 17305–91, ГОСТ 5663–79. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 8479–70, ГОСТ 1133–71.

Назначение — после улучшения — коленчатые валы, шатуны, зубчатые венцы, маховики, зубчатые колеса, болты, оси и другие детали; после поверхностного упрочнения с нагревом ТВЧ — детали средних размеров, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и повышенной износостойкости при малой деформации (длинные валы, ходовые валики, зубчатые колеса).

#### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
730	790	780	690	340

#### Химический состав, % (ГОСТ 1050–88)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
			не более					
0,37–0,45	0,17–0,37	0,50–0,80	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08



### Механические свойства проката

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
ГОСТ 1050-88	Сталь горячекатаная, ковровая калиброванная и серебрянка 2-й категории после нормализации	25	570	19	45	59	-
	Сталь калиброванная 5-й категории:						
	после нагартовки	-	610	6	35	-	-
	после отжига или высокого отпуска	-	510	14	40	-	-
ГОСТ 10702-78	Сталь калиброванная и калиброванная со специальной отделкой после отпуска и отжига	-	До 590	-	40	-	197
ГОСТ 4041-71 (образцы поперечные)	Лист термообработанный 1 и 2-й категорий	4-14	510-650	21	-	-	167
ГОСТ 1577-93	Лист нормализованный или горячекатаный	80	560	20	-	-	-
	Лист отожженный или высокоотпущенный	80	520	21	-	-	-
	Полоса нормализованная или горячекатаная	6-25	570	19	45	-	-
ГОСТ 16523-89 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный	До 2	510-660	(16)	-	-	-
		2-3,9		(17)	-	-	-
	Лист холоднокатаный	До 2	510-600	(17)	-	-	-
ГОСТ 2284-79	Лента холоднокатаная отожженная	0,1-4	450-700	(18)	-	-	-
	Лента нагартованная, класс прочности Н2	0,1-4	850-1050	-	-	-	-
	Лента отожженная плющенная	0,1-4	До 700	10	-	-	-

### Механические свойства поковок (ГОСТ 8479-70)

Термообработка	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
Нормализация	300-500	215	215	430	18	40	44	123-167
	500-800				16	35	39	
	100-300	245	245	470	19	42	39	143-179
	300-500				17	35	34	
	До 100	275	275	530	20	40	44	156-197
Закалка + отпуск	100-300				17	38	34	
	300-500	275	275	530	15	32	29	156-197
	500-800				13	30	29	
	100-300	315	315	570	14	35	34	167-207
	До 100	345	345	590	18	45	59	174-217

### Механические свойства после закалки с 850 °С в масле

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
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 при повышенных температурах [81]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
700	99	140	48	85	1100	24	37	60	100
800	70	110	53	97	1200	16	26	87	100
900	54	71	55	100	1300	12	18	56	100
1000	28	58	69	100					

Примечание. Образец диаметром 6 мм и длиной 80 мм, прокатанный. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с.

### Ударная вязкость КСУ [28]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-40	-80
Закалка с 850 °С в воде; отпуск при 400 °С	78	55	51

### Предел выносливости [140]

Термообработка	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$
Отжиг при 850 °С, $\sigma_{0,2} = 275 \text{ МПа}$ , $\sigma_b = 520 \text{ МПа}$	231
Закалка с 845 °С, в воду; отпуск при 550 °С, $\sigma_{0,2} = 600 \text{ МПа}$ , $\sigma_b = 710 \text{ МПа}$ , НВ 209	393
Закалка с 845 °С в масле; отпуск при 430 °С, $\sigma_{0,2} = 415 \text{ МПа}$ , $\sigma_b = 630 \text{ МПа}$	230

Примечание.  $\sigma_{1/100000}^{400} = 100 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/100000}^{450} = 50 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/100000}^{500} = 30 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/10000}^{400} = 260 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/10000}^{500} = 70 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/100000}^{400} = 190 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/100000}^{500} = 44 \text{ МПа}$ .

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 800. Охлаждение заготовок сечением до 400 мм на воздухе.

Свариваемость — ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка. КТС без ограничений.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,2$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,05$  в горячекатаном состоянии при НВ 170 и  $\sigma_b = 520 \text{ МПа}$ .

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Прокаливаемость, мм (ГОСТ 1050—88) [51]

Полоса прокаливаемости стали 40 после нормализации при 850 °С и закалки с 850 °С приведена на рис. 2.

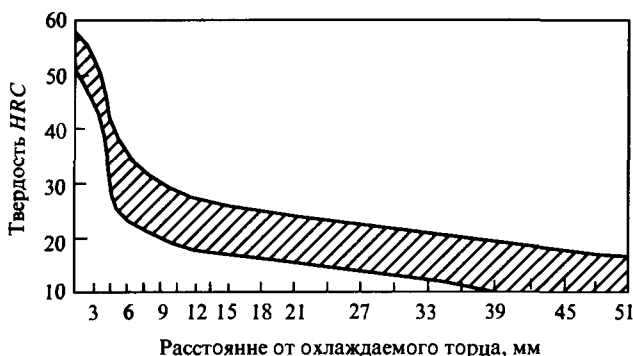


Рис. 2. Полоса прокаливаемости стали 40

### Критический диаметр $d$ после закалки с $850\text{ }^{\circ}\text{C}$

Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки	
	в воде	в масле
50	15–25	8–15
90	10–15	5–9,5

## Сталь 45

Заменитель—стали 40X, 50, 50Г2.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1050–88, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86, ГОСТ 8239–89, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 1050–74, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 10702–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 10702–78. Лист толстый ГОСТ 1577–93, ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 16523–89. Лента ГОСТ 2284–79. Полоса ГОСТ 1577–93, ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70. Проволока ГОСТ 17305–91, ГОСТ 5663–79. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 8479–70, ГОСТ 1133–71. Трубы ГОСТ 8732–78, ГОСТ 8733–74, ГОСТ 8734–75, ГОСТ 8731–74, ГОСТ 21729–76.

Назначение — вал-шестерни, коленчатые и распределительные валы, шестерни, шпиндели, бандажи, цилиндры, кулачки и другие нормализованные, улучшаемые и подвергаемые поверхностной термообработке детали, от которых требуется повышенная прочность.

### Температура критических точек, $^{\circ}\text{C}$ [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
730	755	690	780	350

### Химический состав, % (ГОСТ 1050–88)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
			не более					
0,42–0,50	0,17–0,37	0,50–0,80	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

### Механические свойства проката

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %	$\psi$ , %
			не менее		
ГОСТ 1050-88	Сталь горячекатаная, ковкая, калиброванная и серебрянка 2-й категории после нормализации	25	600	16	40
	Сталь калиброванная 5-й категории после нагартовки	Образцы	640	6	30
ГОСТ 10702-78	Сталь калиброванная и калиброванная со специальной отделкой после отпуска или отжига	—	До 590	—	40
ГОСТ 1577-93	Лист нормализованный и горячекатаный	80	590	18	—
	Полоса нормализованная или горячекатаная	6-25	600	16	40
ГОСТ 16523-89 (образцы) поперечные)	Лист горячекатаный	До 2	550-690	(14)	—
		2-3,9		(15)	—
	Лист холоднокатаный	До 2	550-690	(15)	—
		2-3,9		(16)	—

### Механические свойства поковок (ГОСТ 8479-70)

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
		не менее					
Нормализация	100-300	245	470	19	42	39	143-179
	300-500			17	35		
	500-800			15	30		
	До 100	275	530	20	40	44	156-197
100-300	17			38	34		
Закалка, отпуск	300-500			15	32	29	
Нормализация, закалка + отпуск	До 100	315	570	17	38	39	167-207
	100-300			14	35		
	300-500			12	30		
	До 100	345	590	18	45	59	174-217
	100-300	345	590	17	40	54	174-217
До 100	395	620	17	45	59	187-229	

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [140]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
<i>Закалка с 850 °С в воде. Образцы диаметром 15 мм</i>						
450	830	980	10	40	59	—
500	730	830	12	45	78	—
550	640	780	16	50	98	—
600	590	730	25	55	118	—
<i>Закалка с 840 °С в воде. Диаметр заготовки 60 мм</i>						
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

## Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_s, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Нормализация</i>					
200	340	690	10	36	64
300	255	710	22	44	66
400	225	560	21	65	55
500	175	370	23	67	39
600	78	215	33	90	59
<i>Образец диаметром 6 мм и длиной 30 мм, кованый и нормализованный. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с</i>					
700	140	170	43	96	—
800	64	110	58	98	—
900	54	76	62	100	—
1000	34	50	72	100	—
1100	22	34	81	100	—
1200	15	27	90	100	—

## Механические свойства в зависимости от сечения [1]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_s, \text{МПа}$	$\delta_s, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
15	640	780	16	50	98
30	540	730	15	45	78
75	440	690	14	40	59
100	440	690	13	40	49

Примечание. Закалка с 850 °С, отпуск при 550 °С. Образцы вырезали из центра заготовок.

## Предел выносливости

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$\tau_{-1}, \text{МПа}$
$\sigma_{0,2} = 310 \text{ МПа}, \sigma_s = 590 \text{ МПа}$ [1]	245	157
$\sigma_{0,2} = 680 \text{ МПа}, \sigma_s = 880 \text{ МПа}$ [84]	421	—
$\sigma_{0,2} = 270 \text{ МПа}, \sigma_s = 520 \text{ МПа}$ [84]	231	—
$\sigma_{0,2} = 480 \text{ МПа}, \sigma_s = 660 \text{ МПа}$ [84]	331	—

## Ударная вязкость КСУ [28]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
<i>Прутки диаметром 25 мм</i>				
Горячая прокатка	14–15	10–14	5–14	3–8
Отжиг	42–47	27–34	27–31	13
Нормализация	49–52	37–42	33–37	29
Закалка + отпуск	110–123	72–88	36–95	31–63
<i>Прутки диаметром 120 мм</i>				
Горячая прокатка	42–47	24–26	15–33	12
Отжиг	47–52	32	17–33	9
Нормализация	76–80	45–55	49–56	47
Закалка + отпуск	112–164	81	80	70

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 700. Сечения до 400 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — трудносвариваемая. Способы сварки: РДС и КТС. Необходим подогрев и последующая термообработка.

Обработываемость резанием —  $K_{у\text{тв.спл}} = 1$  и  $K_{у\text{б.ст}} = 1$  в горячекатаном состоянии при  $HV\ 170-179$  и  $\sigma_b = 640$  МПа.

Флокеночувствительность — малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Прокаливаемость, мм (ГОСТ 1050-88)

Полоса прокаливаемости стали 45 после нормализации при 850 °С и закалки с 830 °С приведена на рис. 3.

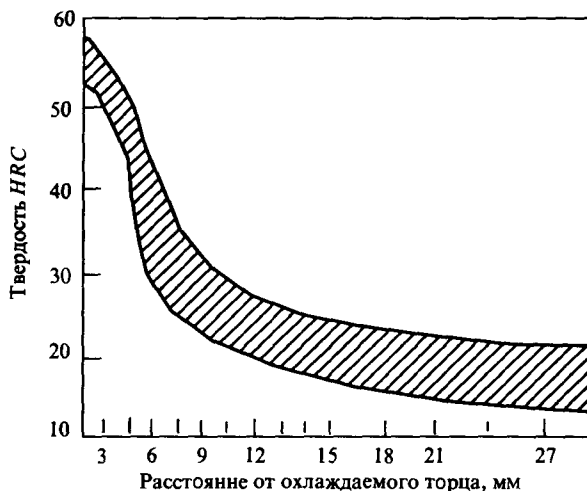


Рис. 3. Полоса прокаливаемости стали 45

### Критический диаметр $d$

Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки	
	в воде	в масле
50	15-35	6-12

### Сталь 50

Заменитель — стали 45, 50Г, 50Г2, 55.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1050-88, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 8509-93, ГОСТ 8510-86, ГОСТ 8239-89, ГОСТ 8240-89, ГОСТ 10702-78. Калиброванный пруток ГОСТ 10702-78, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77, ГОСТ 10702-78. Лист толстый ГОСТ 1577-93, ГОСТ 19903-74. Лист тонкий ГОСТ 16523-89. Лента ГОСТ 10234-77, ГОСТ 2284-79,

ГОСТ 21996–76. Полоса ГОСТ 1577–81, ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70. Проволока ГОСТ 17305–91. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 8479–70, ГОСТ 1133–71. Валки ОСТ 24.013.21–85, ГОСТ 5399–69, ОСТ 24.013.04–83.

Назначение — после нормализации с отпуском и заковки с отпуском — зубчатые колеса, прокатные валки и штоки, тяжелонагруженные валы, оси, бандажи, малонагруженные пружины и рессоры, лемехи, пальцы звеньев гусениц, муфты сцепления коробок передач, корпуса форсунок и другие детали, работающие на трение.

### Температура критических точек, °C [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [88]
725	760	750	690	300

### Химический состав, % (ГОСТ 1050–88)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
0,47–0,55	0,17–0,37	0,50–0,80	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

### Механические свойства проката

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , ( $\delta_4$ ), %	$\psi$ , %
			не менее		
ГОСТ 1050–88	Сталь горячекатаная, коваяная, калиброванная и серебрянка 2-й категории после нормализации Сталь калиброванная 5-й категории: после нагартовки после отжига или высокого отпуска	25	630	14	0
		–	660	6	0
		–	560	12	0
ГОСТ 1577–93	Лист отожженный или высокоотпущенный	80	580	17	–
ГОСТ 16523–89 (образцы) поперечные)	Лист горячекатаный Лист холоднокатаный	До 2	540–720	(12)	–
		2–3,9		(13)	–
		До 2 2–3,9	540–720	(13) (14)	– –

### Механические свойства поковок (ГОСТ 8479–70)

Термообработка	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость
			не менее					НВ, не более
Нормализация	100–300	275	275	530	17	38	34	156–197
	До 100	315	315	570	17	38	39	167–207

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [81, 130]

$t_{отп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
<i>Диаметр заготовки 40 мм. Закалка с 840 °C в воде</i>						
400	600	830	14	50	64	240
500	530	760	15	56	88	215
600	450	680	17	64	139	190
<i>Диаметр заготовки 60 мм. Закалка с 840 °C в воде</i>						
400	550	770	14	48	56	217
500	490	710	15	55	70	200
600	420	630	19	63	108	180

Примечание.  $\sigma_{1/10000}^{400} = 147$  МПа;  $\sigma_{1/10000}^{500} = 43$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{400} = 103$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{500} = 27$  МПа.

### Механические свойства в зависимости от сечения [83]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
<i>Закалка с 850 °С в воде; отпуск при 580–600 °С, охл. на воздухе</i>					
50	530	760	15	50	59
120	470	740	13	40	39
160	450	740	13	40	39
200	430	720	13	35	20
<i>Нормализация при 830–860 °С, охл. на воздухе;</i>					
<i>отпуск при 580–600 °С, охл. на воздухе или с печью</i>					
101–200	305	610	16	38	34
201–300	305	610	14	33	29
301–500	295	590	12	30	25
501–800	285	570	12	28	20

### Механические свойства при повышенных температурах (ГСССД–83)

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
700	87	115	39	97	700
800	45	81	45	100	800
900	16	50	43	100	900
1000	11	36	35	100	1000
1100	8	28	41	100	1100
1200	8	22	49	100	1200

Примечание. Образец диаметром 10 мм, длиной 50 мм, деформированный. Скорость деформирования 8 мм/мин; скорость деформации 0,002 1/с.

### Ударная вязкость КСУ [82]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-50	-60
Закалка с 850 °С в воде; отпуск при 600 °С	78	66	51	37
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 450 °С	49	–	–	–

### Предел выносливости [82]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
Закалка с 785 °С в масле; отпуск при 425 °С, $\sigma_b = 840$ МПа	421 при $n = 10^6$	–
Нормализация при 850 °С; отпуск при 630 °С	279	167
Закалка с 785 °С в масле; отпуск при 315 °С, $\sigma_{0,2} = 560$ МПа, $\sigma_b = 870$ МПа	468	–

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 800. Сечения до 400 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — трудносвариваемая. Способы сварки: РДС и КТС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, тв, спл} = 1,0$  и  $K_{v, б.ст} = 0,7$  в горячекатаном состоянии при  $HВ 196–202$  и  $\sigma_b = 640$  МПа.

Флокеночувствительность — малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.



## Прокаливаемость [81, 125]

Полоса прокаливаемости стали 50 после закалки с 840 °С приведена на рис. 4.

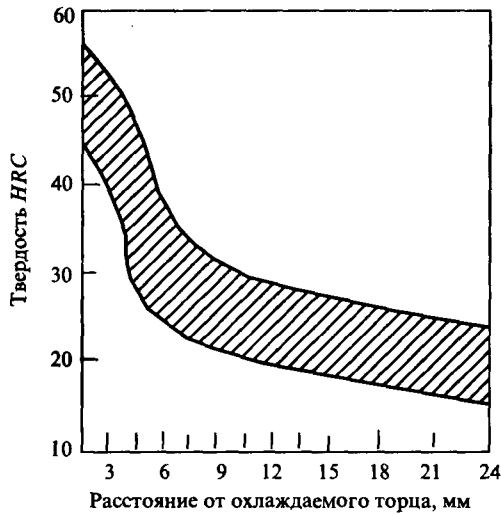


Рис. 4. Полоса прокаливаемости стали 50

### Критический диаметр $d$ после закалки в различных средах

Термообработка	Критическая твердость $HRC_3$	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
Закалка:			
850 °С	46–51	–	10
840 °С	38–58	20	–

## Сталь 55

Заменитель — стали 50, 60, 50Г.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1050–88, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86, ГОСТ 8239–89, ГОСТ 8240–89. Калиброванный пруткок ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруткок и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 1577–93, ГОСТ 19903–74. Лента ГОСТ 2284–79. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 1577–93, ГОСТ 82–70. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70. Валки ОСТ 24.013.21–85, ГОСТ 5399–69, ОСТ 24.013.04–83.

Назначение — после нормализации с отпуском и закалки с отпуском — зубчатые колеса, прокатные валки, штоки, тяжело нагруженные валы, оси, бандажы, малонагруженные пружины и рессоры, лемехи, пальцы звеньев гусениц и муфты сцепления коробок передач, корпуса форсунок и другие детали, работающие на трение.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
725	755	750	690	320

### Химический состав, % (ГОСТ 1050-88)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
0,52-0,60	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25	0,040	0,035	0,25	0,25	0,08
не более								

### Механические свойства поковок (ГОСТ 8479-70)

Термообработка	Сече- ние, мм	КП	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
			не менее					
Нормализация	100-300	315	315	570	14	35	34	167-207
Закалка + отпуск	До 100	490	490	655	16	45	59	212-248

### Механические свойства в зависимости от сечения [84]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
<i>Закалка с 840 °С в воде; отпуск при 400 °С, охл. на воздухе</i>						
20	870-990	1060-1210	7-8	43-52	54-67	341
40	640-740	900-1000	10-11	43-47	39-53	290
60	590-650	820-930	10-12	42-46	32-49	266
<i>Закалка с 840 °С в воде; отпуск при 500 °С, охл. на воздухе</i>						
20	710-800	900-1000	10-12	53-59	59-98	285
40	550-610	820-900	12-14	45-52	49-69	264
60	510-570	750-850	13-14	43-52	39-59	239
<i>Нормализация при 830-860 °С, охл. на воздухе; отпуск при 650-800 °С, охл. с печью</i>						
До 100	325	650	12	35	29	-
101-300	315	630	11	28	25	170-229
301-500	305	610	10	25	25	-
<i>Нормализация при 880-860 °С, охл. на воздухе; отпуск при 550-600 °С, охл. на воздухе или с печью</i>						
До 1200			Не определяются			215-265

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [84]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
200	1620-2210	1720-2280	2-3	7-12	5-10	64
300	1350-1790	1500-1940	3-4	20-25	5-10	56
400	1100-1380	1260-1590	4-5	31-36	19-49	47
500	820-1000	970-1120	7	41-45	39-78	40
600	600-700	800-890	10-11	51-54	69-108	30

Примечание. Закалка с 840 °С в масле.

### Ударная вязкость КСУ [81]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-20	-50
Горячекатаное	26	18	13

### Предел выносливости [84]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	$n$
Закалка с 790 °С в воде; отпуск при 650 °С, охл. на воздухе	377	219	106

### Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1240, конца 800. Сечения до 400 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций. КТС с последующей термообработкой.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.стл}} = 1$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,65$  в нормализованном состоянии при НВ 212–225.

Флокеночувствительность — малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Прокаливаемость [50, 81]

Полоса прокаливаемости стали 55 после закалки с 850 °С приведена на рис. 5.

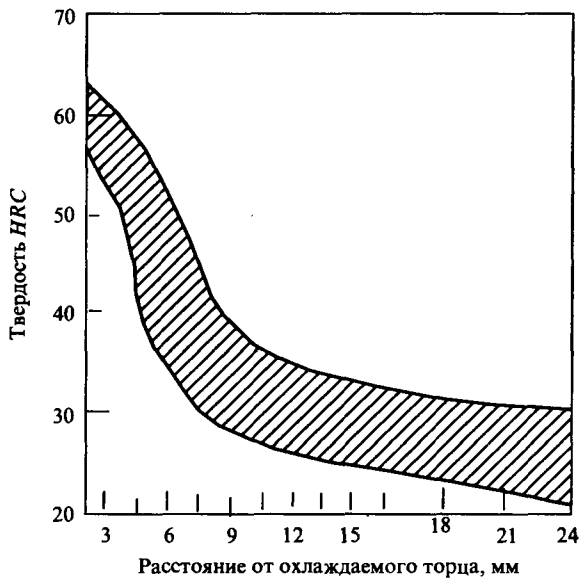


Рис. 5. Полоса прокаливаемости стали 55

### Критический диаметр $d$

Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки	
	в воде	в масле
50	16–28	9–16

## Сталь 58 (55ПП)

Заменитель — стали 30ХГТ, 20ХГНТР, 20ХН2М, 12ХН3А, 18ХГТ.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1050–88, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133–71.

Назначение — детали с тонкими сечениями упрочняемых элементов — шестерни среднего модуля, втулки, пластины и другие детали; после поверхностного упрочнения с нагревом ТВЧ — детали, к которым предъявляются требования высокой износостойкости при вязкой сердцевине, работающие при больших скоростях и средних удельных давлениях.

### Температура критических точек, °С [50]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>
720	785

### Химический состав, % (ГОСТ 1050–88)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
0,55–0,63	0,10–0,30	0,20	0,15	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

не более

### Механические свойства (ГОСТ 1050–88)

Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub> , не более
		не менее					
Сталь горячекатаная, кованая, калиброванная и серебрянка 2-й категории после нормализации	25	315	600	12	28	–	–
Нормализация при 850 °С [50]	130	300	600	10	25	35	22
Закалка с 850 °С (скорость индукционного нагрева 30 град/с), охлаждение водяным душем; отпуск при 180 °С, выдержка 1,5 ч [50]	6	1900–2100	2100–2300	3–5	25–30	20–40	58–69

### Ударная вязкость KCU [81]

Образец	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				Твердость HRC <sub>3</sub>
	+20	–20	–40	–60	
Без надреза	78	56	29	24	59
	59	29	24	20	61

### Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1265, конца 1080 [82]. Свариваемость — не меняется для сварных конструкций.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь 60

Заменитель — стали 55, 65Г.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1050–88, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 7419.0–90, ГОСТ 7419.1–90, ГОСТ 7419.3–90, ГОСТ 7419.5–90, ГОСТ 7419.8–90, ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 1577–93, ГОСТ 19903–74. Лента ГОСТ 2284–79, ГОСТ 1530–78, ГОСТ 21996–76, ГОСТ 21997–76. Полоса ГОСТ 82–70, ГОСТ 1577–93, ГОСТ 103–76. Проволока ГОСТ 9389–75.

Назначение — цельнокатаные колеса вагонов, валки рабочие листовых станов для горячей прокатки металлов, шпиндели, бандажи, диски сцепления, пружинные кольца амортизаторов, замочные шайбы, регулировочные шайбы, регулировочные прокладки и другие детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и износостойкости.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
725	750	745	690

### Химический состав, % (ГОСТ 1050–88)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
0,57–0,65	0,17–0,37	0,50–0,80	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08
			не более					

### Механические свойства в зависимости от сечения [140]

Сечение, мм	Место вырезки образца	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
		не менее				
<i>Закалка с 780–830 °С в масле; отпуск при 560 °С</i>						
30	К	590	920	19	50	24
30	Ц	540	880	–	–	49
<i>Закалка с 780–830 °С в масле; отпуск при 610 °С</i>						
10	Ц	600	860	20	58	73
30	К	540	880	20	50	49
60	К	480	730	25	60	49
60	Ц	390	680	27	56	49

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [140]

t <sub>отп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
400	1430	1690	2	3	4,9	450
450	1280	1430	5	10	19	410
500	1120	1210	7	16	23	375
550	1040	1150	7	20	24	370

Примечание. Закалка с 950 °С в масле.

## Механические свойства в зависимости от температуры испытаний [82]

$t_{\text{исп}}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_{\text{в}}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
20	510	700	17	60
200	530	680	14	—
300	450	560	27	—
500	320	460	30	—
-25	540	760	(21)	61
-40	540	790	(23)	61

Примечание. Закалка с  $950^\circ\text{C}$  в масле.

## Технологические свойства [81]

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1220, конца 800. Сечения до 300 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций, КТС с последующей термообработкой.

Обработываемость резанием —  $K_{\text{в.тв.спл}} = 0,70$  и  $K_{\text{в.б.ст}} = 0,65$  в нормализованном состоянии при  $HB\ 241$ .

Флокеночувствительность — малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Прокаливаемость [50]

Полоса прокаливаемости стали 60 после заковки с  $820^\circ\text{C}$  приведена на рис. 6.

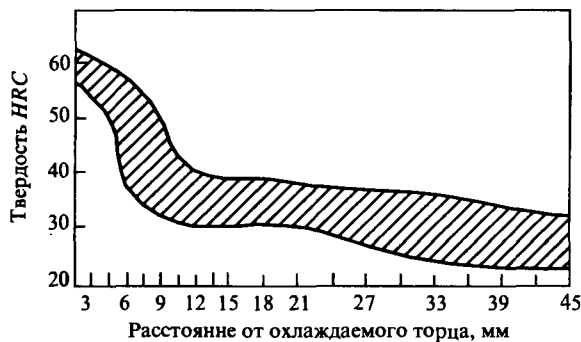


Рис. 6. Полоса прокаливаемости стали 60

## Критический диаметр $d$

Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после заковки	
	в воде	в масле
50	26–48	10–20
90	15–30	3–12

## Сталь 08Ю

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 4041–71, ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 9045–93. Трубы ГОСТ 10705–80.

Назначение — детали, изготавливаемые холодной штамповкой с особо сложной и сложной вытяжкой.

### Химический состав

C	Mn	S	P	Al	Cr	Ni	Cu	Si
		не более			не более			
ГОСТ 9045–93								
До 0,07	0,20–0,35	0,025	0,02	0,02–0,07	0,03	0,06	0,06	0,01
ГОСТ 4041–71								
До 0,10	0,25–0,45	0,03	0,025	0,02–0,08	0,10	0,15	0,20	0,03

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{в}$ , МПа	$\delta_4$ ( $\delta_5$ ), %	Твердость HRB, не более
			не более			
ГОСТ 9045–93 (образцы поперечные)	Лист термообработанный: для сложной вытяжки	0,5–1,5	205	255–350	34	48
		1,5–2,0	205	255–350	38	48
	для особо сложной вытяжки	0,5–1,5	195	255–320	36	46
		1,5–2,0	195	255–320	40	46
	для весьма особо сложной вытяжки	0,5–1,5	185	255–320	40	46
		1,5–2,0	185	255–320	42	46
ГОСТ 4041–71 (образцы поперечные)	Лист термообработанный 4-й категории	4–14	265	360	(36)	HB 118
ГОСТ 10705–80	Труба электросварная, термообработанная	10	Св. 170	Св. 290	(27)	–
	Полоса горячекатаная	5	255	350	$\delta_{10} = 37$	HB 110

### Ударная вязкость KCU [84]

Состояние поставки	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °C	
	–40	–60
Лист горячекатаный	73–108	67–79

### Технологические свойства [82]

Температураковки, °C: начала 1250, конца 850.

Свариваемость — сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, КТС и АрДС.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпусковой хрупкости — не склонна.

## Сталь 0сВ

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 4728–96.  
Назначение — оси вагонов железных дорог широкой колеи.

### Химический состав, % (ГОСТ 4728–96)

С	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,40–0,48	0,55–0,85	0,15–0,35	0,040	0,045	0,30	0,30	0,25

### Механические свойства (ГОСТ 4728–96)

Состояние поставки	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее		
Ось нормализованная	570	21	40
	590	20	35
	620	19	30
	650	18	30

### Технологические свойства [81]

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.  
Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.  
Флокеночувствительность — не чувствительна.

## СТАЛЬ КОНСТРУКЦИОННАЯ ПОВЫШЕННОЙ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ

### Сталь А12

Заменитель — сталь А20.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1414–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 1414–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 1414–75, ГОСТ 14955–77.

Назначение — оси, валики, втулки, 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.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{C_1}$	$A_{C_3}$	$A_{r_3}$	$A_{r_1}$
735	866	840	685



### Химический состав, % (ГОСТ 1414–75)

C	Si	Mn	S	P
0,08–0,16	0,15–0,35	0,70–1,10	0,08–0,20	0,08–0,15

### Механические свойства (ГОСТ 1414–75)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость, не более
		не менее				
Сталь горячекатаная	100	–	410	22	34	HB 160
Сталь калиброванная нагартованная	30	–	510	7	–	HB 217
	30–100	–	460	7	–	HB 217
Жидкостная цементация при 860–880 °С; закалка с 860–880 °С в воде; отпуск при 180–220 °С, охл. на воздухе	15	290	440	–	36	HRC 57* <sup>1</sup>
Цианирование при 820–860 °С; закалка с 820–860 °С в воде; отпуск при 180–220 °С, охл. на воздухе	15	290	440	–	36	HRC 57* <sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Поверхности

### Механические свойства (после отжига 840 °С) при повышенных температурах [21]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
20	290	440	36
400	170	400	34
480	165	315	38
535	140	255	42
590	98	185	56

### Механические свойства в зависимости от степени деформации [138]

Степень деформации, %	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость HB
	не менее				
5	450	550	21	50	159
10	530	600	17	47	189
20	640	680	14	43	229
25	680	710	13	42	235

Примечание.  $\sigma_{1/10000}^{450} = 186$  МПа;  $\sigma_{1/10000}^{535} = 39$  МПа;  $\sigma_{1/10000}^{425} = 136$ , МПа;  $\sigma_{1/10000}^{535} = 20$  МПа.

### Технологические свойства [81, 82, 138]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.

Обрабатываемость резанием — HB 167–217,  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,6$ .

Флокеночувствительность — чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь А20

Заменитель — сталь А12.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1414-75, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 7417-75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77.

Назначение — мелкие детали машин и приборов, малонагруженные детали сложной конфигурации, к которым предъявляются требования высокой точности размеров и качества поверхности, после цементации и цианирования — малонагруженные детали, к которым предъявляются требования износостойкости и повышенного качества поверхности.

### Температура критических точек, °С [138]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
735	866	840	685

### Химический состав, % (ГОСТ 1414-75)

С	Mn	Si	P	S, не более
0,17-0,24	0,15-0,35	0,7-1,0	0,08-0,15	0,06

### Механические свойства (ГОСТ 1417-75)

Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	Твердость НВ, не более
		не менее			
Горячекатаное	100	450	20	30	168
Калиброванное нагартоанное	100	530	7	—	217

Примечание.  $\sigma_{1/10000}^{425} = 93$  МПа;  $\sigma_{1/10000}^{535} = 25$  МПа;  $\sigma_{1/10000}^{425} = 59$ ; МПа;  $\sigma_{1/10000}^{535} = 10$  МПа [51].

### Технологические свойства [51, 138]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 850.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.

Флокеночувствительность — чувствительна.

Склонность к отпусковой хрупкости — не склонна.

## Сталь А30

Заменитель — стали А40, А40Г.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный ГОСТ 1414-73, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 1414-75, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 1414-75, ГОСТ 14955-77.

Назначение — детали сложной формы, обрабатываемые на станках-автоматах, и детали, к которым предъявляются повышенные требования к качеству поверхности, работающие при повышенных напряжениях и давлениях (оси, валики, втулки, кольца, шестерни, пальцы, винты, болты, гайки).

### Температура критических точек, °С [138]

$A_{C_1}$	$A_{C_3}$	$A_{r_3}$	$A_{r_1}$
735	845	820	680

### Химический состав, % (ГОСТ 1414-75)

C	Si	Mn	S	P, не более
0,27-0,35	0,15-0,35	0,7-1,0	0,08-0,15	0,06

### Механические свойства в сечении 100 мм (ГОСТ 1414-75)

Состояние поставки	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость HB, не более
	не менее			
Горячекатаное	510	15	25	185
Калиброванное нагартованное	540	6	—	223

### Технологические свойства [51, 81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.

Флокеночувствительность — чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

---

## Сталь А40Г

---

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1414-75, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 1414-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 7417-75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 1414-75, ГОСТ 14955-77.

Назначение — детали сложной формы, обрабатываемые на станках-автоматах, и детали, к которым предъявляются повышенные требования к чистоте поверхности, работающие при повышенных напряжениях и давлениях; оси, валики, втулки, кольца, шестерни, пальцы, винты, болты, гайки, кодовые винты.

### Температура критических точек, °С [84]

$A_{C_1}$	$A_{C_3}$
730	830

### Химический состав, % (ГОСТ 1414-75)

C	Si	Mn	S	P, не более
0,37-0,45	0,15-0,35	1,20-1,55	0,18-0,30	0,05

### Механические свойства в сечениях до 100 мм

Состояние поставки	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость HB, не более
	не менее			
Пруток горячекатаный без термообработки	590	14	20	207
Пруток калиброванный высокоотпущенный или отожженный	590	17	—	229

### Технологические свойства

Температура ковки, °С; начала 1100, конца 800 [51].

Флокеночувствительность — чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна [84].

### Сталь АС12ХН

Заменитель — стали АС14ХГН, АС19ХГН.

Вид поставки — сортовой прокат ГОСТ 2590—88, ГОСТ 2591—88. Шестигранник калиброванный ГОСТ 8560—78. Проволока ГОСТ 2590—88.

Назначение — храповики коленчатого вала, фланцы масляного насоса, штифты, рычаги переключения передач, тяги, гайки, муфты, оси.

### Химический состав (ТУ 24004823—90)

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Pb
0,09—0,15	0,3—0,6	0,17—0,37	0,08—0,13	≤ 0,035	0,4—0,7	0,5—0,8	0,15—0,30

### Механические свойства (ТУ 14-1-514—73 и ТУ 14-1-529—73)

Температура, °С		$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
заковки	отпуска				
900—920, масло	150—180, воздух	650	450	10	90

### Технологические свойства

Температура ковки, °С: начала 1250, конца 750.

Флокеночувствительность — чувствительна.

Свариваемость — хорошо свариваемая.

Обработываемость — хорошая.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

## Сталь АС14ХГН

Заменитель — стали АС12ХН, АС19ХГН.

Вид поставки — сортовой прокат ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Шестигранник калиброванный ГОСТ 8560–78.

Назначение — оси сателлитов, ступицы, скользящие муфты синхронизатора.

### Химический состав, % (ГОСТ 1414–75, ТУ 14-1-514–73 и ТУ 14-1-529–73)

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Pb
0,13–0,18	0,7–1,0	≤ 0,045	≤ 0,045	0,8–1,0	0,8–1,0	0,8–1,1	≤ 0,1	0,15–0,30

### Механические свойства (ТУ 14-1-514–73 и ТУ 14-1-529–73)

Температура, °С		$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
закалки	отпуска	не менее			
800–880, масло	150–180, воздух	1100	850	8	80

### Технологические свойства

Флокеночувствительность — чувствительна.

Свариваемость — хорошо свариваемая.

Обрабатываемость — хорошая.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

## Сталь АС19ХГН

Заменитель — стали АС12ХН, АС14ХГН, АС20ХГНМ.

Вид поставки — сортовой прокат ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Шестигранник калиброванный ГОСТ 8560–78.

Назначение — промежуточные шестерни заднего хода, венцы синхронизаторов, шестерни коробки передач.

### Химический состав (ТУ 14-1-514–73, ТУ 14-1-529–73)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Pb
0,16–0,21	0,7–1,0	0,17–0,37	≤ 0,035	≤ 0,035	0,8–1,0	0,8–1,1	≤ 0,1	0,15–0,30

### Механические свойства (ТУ 14-1-514–73 и ТУ 14-1-529–73)

Температура, °С		$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %
закалки	отпуска	не менее		
865–885, масло	150–180, воздух	1200	950	7

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1250, конца 800.  
Свариваемость — хорошая.  
Флокеночувствительность — чувствительна.  
Обрабатываемость — хорошая.  
Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

---

### Сталь АС35Г2

---

Заменитель — сталь А40Г.  
Вид поставки — сортовой прокат ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Шестигранник калиброванный ГОСТ 8560–78.  
Назначение — валики масляного насоса, шпильки, оси.

### Температура критических точек, °С

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>
730	830

### Химический состав (ГОСТ 1414–75, ТУ 14-1-514–73 и ТУ 14-1-529–73)

С	Мп	S	P	Si	Cr	Ni	Pb
0,32–0,39	1,35–1,65	0,08–0,13	≤ 0,04	0,17–0,37	≤ 0,25	≤ 0,25	0,15–0,30

### Механические свойства (ТУ 14-1-514–73 и ТУ 14-1-529–73)

Температура, °С		σ <sub>в</sub> , МПа	σ <sub>0,2</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
закалки	отпуска	не менее			
870,	600,	≥ 600	≥ 400	13	40
масло	воздух				

### Технологические свойства

Флокеночувствительность — чувствительна.  
Свариваемость — ограниченно свариваемая.  
Обрабатываемость — хорошая.  
Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

## Сталь АС30ХМ

Заменитель — стали АС38ХГМ, АС40ХГНМ.

Вид поставки — сортовой прокат ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Шестигранник калиброванный, ГОСТ 8560–78.

Назначение — червяки рулевого управления, шестерни, валики, шпильки.

### Температура критических точек, °С

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
757	807	763	693

### Химический состав (ТУ 24004823–90)

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Pb
0,27–0,33	0,4–0,7	0,17–0,37	≤ 0,035	≤ 0,035	0,8–1,0	≤ 0,30	0,15–0,25	0,15–0,30

### Механические свойства (ТУ 14-1-514–73 и ТУ 14-1-529–73)

Температура, °С		$\sigma_s$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
закалки	отпуска	не менее			
860–880, масло	510–560, воздух	900	750	12	100

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1250, конца 760–800.

Флокеночувствительность — малочувствительна.

Свариваемость — ограничена.

Обрабатываемость — хорошая.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь АС38ХГМ

Заменитель — стали АС30ХМ, АС40ХГНМ.

Вид поставки — сортовой прокат ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Шестигранник калиброванный, ГОСТ 8560–78.

Назначение — кольца запорного подшипника, полуоси, шестерни, шпильки, шпиндели.

### Температура критических точек, °С

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
758	805	727	648

### Химический состав (ТУ 24004823-90)

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Pb
0,34-0,40	0,6-0,9	0,17-0,37	≤ 0,3	≤ 0,035	0,8-1,0	≤ 0,30	0,15-0,25	0,15-0,30

### Механические свойства (ТУ 14-1-514-73 и ТУ 14-1-529-73)

Температура, °С		σ <sub>в</sub> , МПа	σ <sub>0,2</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
заковки	отпуска	не менее			
860-880, масло	580-620, воздух	950	800	11	80

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1250, конца 750-800.

Флокеночувствительность — малочувствительна.

Обрабатываемость — хорошая.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Сталь АС40ХГНМ

Заменитель — сталь АС38ХНМ.

Вид поставки — сортовой прокат ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88. Шестигранник калиброванный ГОСТ 8560-78.

Назначение — ответственные детали в автомобилестроении, шестерни, валики и т.д.

### Химический состав (ТУ 14-1-514-73, ТУ 14-1-529-73)

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Pb
0,37-0,43	0,5-0,8	0,17-0,37	≤ 0,3	≤ 0,035	0,8-1,0	0,72-1,1	0,15-0,25	0,15-0,30

### Механические свойства (ТУ 14-1-514-73 и ТУ 14-1-529-73)

Температура, °С		σ <sub>в</sub> , МПа	σ <sub>0,2</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
заковки	отпуска	не менее			
830-850, масло	580-620, воздух	1000	850	12	90

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1250, конца 800.

Флокеночувствительность — чувствительна.

Свариваемость — хорошо свариваемая.

Обрабатываемость — хорошая.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.



# СТАЛЬ КОНСТРУКЦИОННАЯ НИЗКОЛЕГИРОВАННАЯ ДЛЯ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

## Сталь 09Г2

Заменитель — стали 10Г2, 09Г2С, 09Г2Д, 09Г2Т.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19281–89, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 8239–89, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 5521–93, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 8510–86. Лист толстый ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 17066–94, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 19904–780. Полоса ГОСТ 82–70, ГОСТ 5521–93. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение — стойки ферм, верхние обвязки вагонов, хребтовые балки, двутавры и другие детали вагоностроения, детали экскаваторов, элементы сварных металлоконструкций и другие детали, работающие при температуре от –40 до +450 °С.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [145]
720	830	710	620	320

### Химический состав, %

С	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S	N	As
			не более						
До 0,12	0,17–0,37	1,4–1,8	0,30	0,30	0,30	0,035	0,040	0,008	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 19281–89	Сортовой и фасонный прокат	До 20 вкл.	305	440	21
ГОСТ 19281–89	Лист и полоса в состоянии поставки (образцы поперечные)	От 20 до 32 вкл.	295	440	21
ГОСТ 17066–94	Лист горячекатаный	2–3,9	–	440	(17)

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [84]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость HB	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
200	780	930	12	40	337	59
300	690	880	14	50	325	–
400	620	750	19	60	260	98
500	590	690	21	65	225	127
600	570	670	22	65	200	186
700	380	640	–	–	80	167

### Ударная вязкость (КС) при отрицательных температурах, не менее

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КС, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытания, °С	
			-40	-70
КСV				
ГОСТ 19281-89	Сортовой и фасонный прокат	5-10	39	29
		10-20 вкл.	29	29
		Св. 20 до 32 вкл.	29	-
КСU				
ГОСТ 19281-89	Лист и полоса (образцы поперечные)	5-10	34	-
		10-20 вкл.	29	-
		Св. 20 до 32 вкл.	39	-

### Предел выносливости [81]

Сечение, мм	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
4-32 мм, в состоянии поставки	235	137
10-20 мм, после улучшения	274	167

### Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1250, конца 850 [50].

Свариваемость — сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

### Сталь 14Г2

Заменитель — сталь 15ХСНД.

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 19281-89, ГОСТ 19903-74. Полоса ГОСТ 82-70, ГОСТ 103-76. Лист тонкий ГОСТ 17066-94, ГОСТ 19903-74, ГОСТ 19904-90. Сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 19281-89, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 8239-89, ГОСТ 8240-89.

Назначение — для крупных листовых конструкций, работающих до температур -70 °С.

### Температура критических точек, °С [33]

$A_{c1}$	$A_{c3}$
709	825

### Химический состав, % (ГОСТ 19281-89)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	N	As
0,12-0,18	0,17-0,37	1,2-1,6	0,30	0,30	0,30	0,035	0,040	0,008	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
			не менее		
ГОСТ 19281-89	Сортовой и фасонный прокат	До 10	335	460	21
ГОСТ 19281-89	Лист и полоса в состоянии поставки (образцы поперечные)	10-32 вкл.	325	450	21
	Лист после закалки и отпуска (образцы поперечные)	10-32 вкл.	390	530	18
ГОСТ 17066-94	Лист горячекатаный	2-3,9	-	460	17

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [33]

$t_{отп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\psi$ , %
<i>Стержень диаметром 19 мм. Закалка, охл. со скоростью 200 град/с.</i>			
<i>Выдержка при отпуске 1 ч</i>			
200	1220	1240	60
300	1260	1270	60
400	1150	1180	61
500	810	880	67
600	660	760	70
<i>Стержень диаметром 19 мм. Закалка, охл. со скоростью 45 град/с.</i>			
<i>Выдержка при отпуске 1 ч</i>			
200	900	980	55
300	900	930	59
400	830	880	59
500	660	750	63
600	590	690	67

### Ударная вязкость (КС) при отрицательных температурах (ГОСТ 19281-89)

Состояние поставки	Сечение, мм	КС, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытания, °C	
		-40	70
КСV			
Сортовой прокат	От 5 до 10	34	34
	От 10 до 20 вкл.	29	29
	Св. 20 до 32 вкл.	29	-
КСU			
Лист и полоса	От 5 до 10	34	-
	От 10 до 32 вкл.	29	-
Лист после закалки и отпуска (образцы поперечные)	От 10 до 32 вкл.	39	29

### Предел выносливости ( $n = 10^7$ ) [84]

$\sigma_{0,2}$ , МПа, круглого образца	$\sigma_{-1}$ , МПа
340 (гладкий)	295
340 (с надрезом)	125

### Технологические свойства [84]

Температураковки, °C: начала 1200, конца 900.

Свариваемость — ограниченно свариваемая.

## Сталь 12ГС

Заменитель — стали 12Г2А, 14Г2А, 15ГС.

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 19903-74. Полоса ГОСТ 82-70. Лист тонкий ГОСТ 17066-94, ГОСТ 19904-90, ГОСТ 19903-74.

Назначение — детали, изготавливаемые путем вытяжки,ковки,штамповки.

### Химический состав, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	N	As
			не более						
0,09-0,15	0,5-0,8	0,8-1,2	0,30	0,30	0,30	0,035	0,040	0,008	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %
			не менее		
ГОСТ 19903-74	Лист и полоса (образцы поперечные)	До 10 вкл.	315	460	26
ГОСТ 17066-94	Лист горячекатаный	2-3,9	—	460	22

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [33]

$t_{отп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\psi$ , %
<i>Стержень диаметром 19 мм. Закалка, охл. со скоростью 200 град/с. Выдержка при отпуске 1 ч</i>			
200	1080	1130	55
300	1040	1080	55
400	980	1030	65
500	690	780	68
600	610	730	75
<i>Стержень диаметром 19 мм. Закалка, охл. со скоростью 45 град/с. Выдержка при отпуске 1 ч</i>			
200	720	850	60
300	640	760	65
400	610	730	69
500	530	690	—
600	420	590	70

### Технологические свойства [82, 84]

Температура ковки, °C: начала 1200, конца 850.

Свариваемость — сваривается без ограничений.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

## Сталь 16ГС

Заменитель — стали 17ГС, 15ГС, 20Г2С, 20ГС, 18Г2С.

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 19281–89, ГОСТ 5520–79, ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 17066–94, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 19904–90. Полоса ГОСТ 82–70.

Назначение — фланцы, корпуса и другие детали, работающие при температуре от –40 до 475 °С под давлением; элементы сварных металлоконструкций, работающие при температуре –70 °С.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
736–745	920–927	791–820	641–735

### Химический состав, % (ГОСТ 19281–89)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	N	As
не более									
0,12–0,18	0,44–0,7	0,9–1,2	0,30	0,30	0,30	0,035	0,040	0,008	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %
			не менее		
ГОСТ 19281–89	Лист и полоса (образцы поперечные)	До 5	325	490	21
		5–10	325	490	
		10–20	315	480	
		20–32	295	470	
		32–60	285	460	
ГОСТ 17066–94	Лист горячекатаный	60–100	275	450	
		2–3,9	–	400	17

### Ударная вязкость КСУ при отрицательных температурах, не менее (ГОСТ 19281–89)

Состояние поставки	Толщина листа, мм	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
		+20	–40	–70
Лист и полоса (образцы поперечные)	От 5 до 10	59	39	29
	От 10 до 100 вкл.	59	29	24

### Предел текучести (ГОСТ 5520–79)

σ <sub>0,2</sub> , МПа, при температуре испытания, °С					
200	250	300	350	400	450
245	225	195	175	155	140

Примечание. σ<sub>1/10000</sub><sup>400</sup> = 157 МПа; σ<sub>1/1000</sub><sup>500</sup> = 108 МПа; σ<sub>1/10000</sub><sup>500</sup> = 39 МПа; σ<sub>1/100000</sub><sup>500</sup> = 45 МПа; σ<sub>1/10000</sub><sup>400</sup> = 245 МПа; σ<sub>1/100000</sub><sup>400</sup> = 167 МПа; σ<sub>1/10000</sub><sup>500</sup> = 69 МПа; σ<sub>1/100000</sub><sup>400</sup> = 39 МПа [85].

## Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Лист толщиной 26 мм, прокатанный (образцы поперечные) [84]</i>					
20	—	490	27	51	—
200	230	420	—	52	—
300	225	450	29	48	—
400	215	410	—	64	—
500	175	305	31	68	—
550	135	255	37	68	—
<i>Лист толщиной 4–160 мм. Нормализация при 950 °С, охл. со скоростью 80–100 град/ч, отпуск при 600–750. °С, выдержка 5 ч, охл. со скоростью 50 град/ч (образцы поперечные) [135]</i>					
20	245–295	470–500	27–38	51–72	59–196
200	175–255	420–450	24–31	52–74	206–343
250	—	—	—	—	245–304
300	195–225	390–480	22–29	48–70	225–314
350	175–225	450–480	25–31	66–71	206–314
400	175–215	400–430	27–34	64–76	127–235
500	145–195	255–345	31–38	68–85	118–157
550	135	255	37	68	—
600	110–125	155–175	38–46	82–90	118–157

### Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850.

Свариваемость — сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

### Коррозионная стойкость [71]

Среда	Температура, °С	Глубина, мм/год
Раствор NaOH	20	0,46
25 % раствор NH <sub>4</sub> OH	20	0,26

## Сталь 17ГС

Заменитель — сталь 16ГС.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 11474–76. Лист толстый ГОСТ 19281–89, ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 17066–94, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 19904–90. Полоса ГОСТ 82–70, ГОСТ 103–76.

Назначение — корпуса аппаратов, днища, фланцы и другие сварные детали, работающие под давлением при температурах от –40 до +475 °С.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [113]
745	870	790	680	380

### Химический состав, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	As	N
			не более						
0,14–0,20	0,4–0,6	1,0–1,4	0,30	0,30	0,30	0,035	0,040	0,08	0,008

### Механические свойства (ГОСТ 19281–89)

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
			не менее			
ГОСТ 19281–89	Лист и полоса (образцы поперечные)	До 10	345	510	23	–
		От 10 до 20 вкл.	335	490	23	–
ГОСТ 17066–94	Лист горячекатаный	2–3,9	–	510	19	–
ГОСТ 5520–79	Лист категорий 2–6, 10–12, 16, 18, термообработанный (образцы поперечные)	4–20	320	490–610	22	49

### Ударная вязкость KCU при –40 °С (ГОСТ 19281–89)

Состояние поставки	Толщина листа, мм	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , не менее
Лист и полоса (образцы поперечные)	От 5 до 10	44
	От 10 до 20 вкл.	34

### Предел текучести $\sigma_{0,2}$ (ГОСТ 5520–79)

$\sigma_{0,2}$ , МПа, при температуре испытания, °С						
200	250	300	350	400	450	
265	245	225	205	175	175	

Примечание.  $\sigma_{1/100000}^{450} = 92$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{480} = 61$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{450} = 131$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{450} = 86$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{450} = 59$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{480} = 37$  МПа;  $\sigma_{1/200000}^{430} = 74$  МПа;  $\sigma_{1/200000}^{480} = 45$  МПа [85].

### Технологические свойства (ГОСТ 19281–94)

Свариваемость — сваривается без ограничений.

### Сталь 17Г1С

Заменитель — сталь 17ГС.

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 19281–89, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 5520–79. Полоса ГОСТ 82–70.

Назначение — сварные детали, работающие под давлением при температуре от –40 до +475 °С.

### Химический состав, % (ГОСТ 19281–89)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	N	As
			не более						
0,15–0,20	0,4–0,6	1,15–1,6	0,30	0,30	0,30	0,035	0,040	0,008	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
			не менее			
ГОСТ 19281-89	Лист и полоса (образцы поперечные)	До 10	335	510	23	—
		От 10 до 20 вкл.	345	510	23	—
ГОСТ 5520-79	Лист категорий 2-6, 10-12, 16, 18 горячекатаный (образцы поперечные)	4-20	295	510-630	22	49

### Предел текучести $\sigma_{0,2}$ (ГОСТ 5520-79)

$\sigma_{0,2}$ , МПа, при температуре испытания, °С					
200	250	300	350	400	450
265	245	225	205	175	175

### Ударная вязкость КСУ [171]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Труба горячекатаная, $\sigma_{0,2} = 320$ МПа, $\sigma_s = 530$ МПа	73	52	48	37
Труба. Закалка + высокий отпуск, $\sigma_{0,2} = 475$ МПа, $\sigma_s = 670$ МПа	78	71	64	53

### Технологические свойства (ГОСТ 19281-89)

Свариваемость — сваривается без ограничений.

### Сталь 09Г2С

Заменитель — стали 09Г2, 09Г2ДТ, 09Г2Т, 10Г2С.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19281-73, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 8239-89, ГОСТ 8240-89. Лист толстый ГОСТ 19281-89, ГОСТ 5520-79, ГОСТ 5521-93, ГОСТ 19903-74. Лист тонкий ГОСТ 17066-80, ГОСТ 19903-74, ГОСТ 19904-74. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 82-70. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71.

Назначение — различные детали и элементы сварных металлоконструкций, работающих при температуре от -70 до +425 °С под давлением.

### Температура критических точек, °С [49]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
725	860	780	625

### Химический состав, %

С, не более	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	As	N
			не более						
0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	0,30	0,30	0,30	0,035	0,040	0,08	0,008



## Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 19281-89	Сортовой и фасонный прокат	До 10	345	490	21
ГОСТ 19281-89	Лист и полоса (образцы поперечные)	От 10 до 20 вкл.	325	470	21
		Св. 20 до 32 вкл.	305	460	21
		Св. 32 до 60 вкл.	285	450	21
		Св. 60 до 80 вкл.	275	440	21
		Св. 80 до 160 вкл.	265	430	21
ГОСТ 19281-89	Лист после закалки и отпуска (образцы поперечные)	От 10 до 32 вкл.	365	490	19
		От 32 до 60 вкл.	315	450	21
ГОСТ 17066-94	Лист горячекатаный	2-3,9	-	490	(17)

### Предел текучести $\sigma_{0,2}$ (ГОСТ 5520-79)

$\sigma_{0,2}$ , МПа, при температуре испытания, °С			
250	300	350	400
225	195	175	155

### Ударная вязкость (КСУ) при отрицательных температурах

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытания, °С		
			+20	-40	-70
ГОСТ 19281-89	Сортовой и фасонный прокат	От 5 до 10	64	39	34
		От 10 до 20 вкл.	59	34	29
		От 20 до 100 вкл.	59	34	-
	Лист и полоса	От 5 до 10	64	39	34
		От 10 до 160 вкл.	59	34	29
		От 10 до 60 вкл.	-	49	29
	Лист после закалки и отпуска (образцы поперечные)				

### Механические свойства при повышенных температурах [82]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
20	300	460	31	63
300	220	420	25	56
475	180	360	34	67

Примечание. Нормализация при 930-950 °С.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [82]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
20	295	405	30	66
100	270	415	29	68
200	265	430	-	-
300	220	435	-	-
400	205	410	27	63
500	185	315	-	63

Примечание. Лист толщиной 34 мм в состоянии поставки, твердость *НВ* 112-127 (образцы поперечные); при  $\sigma_b = 475$  МПа предел выносливости  $\sigma_{-1} = 235$  МПа [33].

## Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 850.

Свариваемость — сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,0$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,6$  в нормализованном, отпущенном состоянии при  $\sigma_B = 520$  МПа [100].

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

### Сталь 10Г2С1

Заменитель — сталь 10Г2С1Д.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19281-89, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 8509-93, ГОСТ 8239-89, ГОСТ 8240-89, ГОСТ 8510-86. Лист тонкостенный ГОСТ 19903-74, ГОСТ 5520-79. Лист тонкий ГОСТ 17066-94, ГОСТ 19903-74, ГОСТ 19904-90. Полоса ГОСТ 82-70. Трубы ГОСТ 14-21-77.

Назначение — различные детали и элементы сварных металлоконструкций, работающих при температуре от -70 °С; аппараты, сосуды и части паровых котлов, работающих при температуре от -70 до +475 °С под давлением.

### Химический состав, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P	N	As
До 0,12	0,8-1,1	1,3-1,65	0,30	0,30	0,30	0,040	0,035	0,008	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 19281-89	Сортовой и фасонный прокат	До 5	355	490	
		От 5 до 10	345	490	
		От 10 до 20 вкл.	335	480	21
	Лист и полоса (образцы поперечные)	Св. 20 до 32 вкл.	325	470	
		Св. 32 до 60 вкл.	325	450	
		Св. 60 до 100 вкл.	295	430	
Лист после закалки и отпуска (образцы поперечные)	От 10 до 40 вкл.	390	530	19	
	ГОСТ 17066-94 Лист горячекатаный	2-3,9	-	490	(17)

### Ударная вязкость (КСУ) при отрицательных температурах

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытания, °С		
			+20	-40	-70
ГОСТ 19281-89	Сортовой и фасонный прокат	От 5 до 10	64	39	29
		От 10 до 20 вкл.	59	29	24
		От 20 до 100 вкл.	59	29	-
	Лист и полоса (образцы поперечные)	От 5 до 10	64	39	29
		От 10 до 100 вкл.	59	29	24

### Предел текучести (ГОСТ 5520–79)

$\sigma_{0,2}$ , МПа, при температуре испытания, °С			
250	300	350	400
245	215	195	175

Примечание. При  $\sigma_n = 580$  МПа предел выносливости  $\sigma_{-1} = 230$  МПа [33].

### Механические свойства при повышенных температурах [84]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_n$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
<i>Лист толщиной 32 мм, прокатанный (образцы поперечные)</i>				
20	335	485	35	75
100	305	–	33	74
200	300	460	–	70
300	250	–	–	69
400	185	405	30	–
500	175	335	31	–
<i>Лист толщиной 16 мм, нормализованный (образцы поперечные)</i>				
20	380	520	26	70
100	350	475	25	65
200	335	470	19	57
300	260	510	19	60

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850.

Свариваемость — сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС.

Склонность к отпусковой хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

### Сталь 10Г2БД

Заменитель — сталь 10Г2Б.

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 19281–89, ГОСТ 19903–74, Полоса ГОСТ 82–70.

Назначение — для сварных металлических конструкций.

### Химический состав, % (ГОСТ 19281–89)

С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Nb	P	S	N	As
			не более				не более			
До 0,12	0,17–0,37	1,2–1,6	0,30	0,30	0,15–0,30	0,02–0,05	0,035	0,040	0,008	0,08

### Механические свойства (ГОСТ 19281–89)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_n$ , МПа	$\delta_5$ , %
		не менее		
Лист и полоса (образцы поперечные)	До 10 вкл.	375	510	21

### Ударная вязкость (КСУ) при -40 °С (ГОСТ 19281-89)

Состояние поставки	Толщина листа, мм	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , не менее
Лист и полоса (образцы поперечные)	От 5 до 10	39
	Св. 10	29

### Технологические свойства

Свариваемость — сваривается без ограничений.

### Сталь 15Г2СФД

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19281-89, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 8239-89, ГОСТ 8240-89. Лист толстый ГОСТ 19281-89, ГОСТ 19903-74. Полоса ГОСТ 82-70, ГОСТ 103-76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71.

Назначение — для сварных металлических конструкций в строительстве и машиностроении.

### Температура критических точек, °С [36]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	M <sub>n</sub> [2]
720	850	420

### Химический состав, % (ГОСТ 19281-89)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	V	P	S	N	As
			не более							
0,12-0,18	0,4-0,7	1,3-1,7	0,30	0,30	0,15-0,30	0,05-0,10	0,035	0,040	0,008	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %
			не менее		
ГОСТ 19281-73	Сортовой и фасонный прокат	До 20 вкл.	390	550	18
ГОСТ 19281-89	Лист и полоса в состоянии поставки	От 5 до 32 вкл.	390	550	18
	Лист после закалки и отпуска (образцы поперечные)	От 10 до 32 вкл.	440	590	17

### Ударная вязкость при отрицательных температурах (ГОСТ 19281-89)

Состояние поставки	Сечение, мм	КС, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытания, °С	
		-40	-70
Сортовой и фасонный прокат	От 5 до 10	39	-
	От 10 до 20 вкл.	34	-
Лист и полоса	От 5 до 10	39	-
	От 10 до 32 вкл.	34	-
	Лист после закалки и отпуска (образцы поперечные)	39	29

## Механические свойства в зависимости от толщины листа [146]

Толщина листа, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Лист горячекатаный</i>				
3	470	660	20	—
12	420	590	18	94
20	410	570	19	62
<i>Лист нормализованный</i>				
3	490	710	21	—
12	450	640	27	100
20	410	590	28	127

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [36]

$t_{отп.}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
400	780	880	13	37	73
500	710	810	17	52	73
600	710	800	—	52	78
650	640	730	22	58	108

Примечание. Листы толщиной 20 мм после закалки.

### Технологические свойства

Свариваемость — сваривается без ограничений [50].

## Сталь 14Г2АФ

Заменитель — сталь 16Г2АФ.

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 19281–89, ГОСТ 19903–74. Полоса ГОСТ 82–70.

Назначение — металлоконструкции для промышленных зданий, подкрановые фермы для мостовых кранов.

### Химический состав, % (ГОСТ 19281–89)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	V	N	P	S	As
			не более					не более		
0,12–0,18	0,3–0,6	1,2–1,6	0,40	0,30	0,30	0,07–0,12	0,015–0,025	0,035	0,040	0,08

### Механические свойства (ГОСТ 19281–89)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
		не менее		
Лист и полоса (образцы поперечные)	До 50 вкл.	390	540	20

### Ударная вязкость (KCU) при отрицательных температурах (ГОСТ 19281–89)

Состояние поставки	Толщина листа, мм	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытания, °C	
		–40	–70
Лист и полоса	От 5 до 10	44	34
Лист и полоса (образцы поперечные)	От 10 до 50 вкл.	39	29

**Механические свойства в зависимости от толщины листа  
(нормализация) [33]**

Толщина листа, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
14	470-485	620-630	24
25	470-490	610-640	24-26
32	455-465	590	25
40	420-440	550-580	23-25

**Механические свойства при повышенных температурах [147]**

$t_{\text{исп.}}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
20	480	590	35	73
100	430	590	29	73
200	390	550	27	69
300	350	580	27	64
400	320	550	30	76
500	270	405	29	82
600	190	265	36	89
700	100	120	42	88
800	78	98	41	80
900	59	93	58	96

Пр и м е ч а н и е. Лист толщиной 20 мм после нормализации.

**Технологические свойства**

Свариваемость — сваривается без ограничений.

**Сталь 16Г2АФ**

Заменитель — стали 15Г2АФ, 14Г2АФ.

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 19281-89, ГОСТ 19903-74. Полоса ГОСТ 82-70.

Назначение — металлоконструкции, сварные фермы. Для изделия машиностроения.

**Температура критических точек, °С [33]**

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$M_n$
723	907	400

**Химический состав, % (ГОСТ 19281-89)**

С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	V	N	P	S	As
			не более					не более		
0,14-0,20	0,3-0,6	1,3-1,7	0,40	0,30	0,30	0,08-0,14	0,015-0,025	0,035	0,040	0,08

**Механические свойства (ГОСТ 19281-89)**

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
		не менее		
Лист и полоса (образцы поперечные)	До 32 вкл.	440	590	20
	Св. 32 до 50 вкл.	410	570	20

## Ударная вязкость (КСУ) при отрицательных температурах (ГОСТ 19281-89)

Состояние поставки	Толщина листа, мм	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытания, °С	
		-40	-70
Лист и полоса	От 5 до 10	44	34
(образцы поперечные)	От 10 до 50 вкл.	39	29

Примечание. Предел выносливости [79]  $\sigma_{-1} = 382$  МПа при  $n = 10^7$ .

### Технологические свойства

Свариваемость — сваривается без ограничений.

### Сталь 18Г2АФс

Заменитель — стали 15Г2АФДлс, 16Г2АФ, 10ХСНД, 15ХСНД.

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 19281-89, ГОСТ 19903-74. Полоса ГОСТ 82-70.

Назначение — листовой прокат для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках в интервале температур до -60 °С.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
720	880	780	620

### Химический состав, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	V	N	S	P	As
			не более					не более		
0,14-0,22	До 0,17	1,3-1,7	0,30	0,30	0,30	0,08-0,15	0,015-0,030	0,040	0,035	0,08

### Механические свойства

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
		не менее		
Лист и полоса (образцы поперечные)	До 32 вкл.	440	590	19

### Механические свойства в зависимости от толщины листа [183]

Толщина листа, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см <sup>2</sup>				после меха- нического старения
				+20 °С	-20 °С	-40 °С	-60 (75) °С	
<i>Лист. Нормализация при 920-950 °С</i>								
8	530	670	26	99	106	70	69	-
12	500	650	24	94	80	-	44	83
20	455	610	26	117	-	-	-	91
<i>Лист. Закалка с 940 °С, отпуск при 650 °С</i>								
20	540	660	18	-	-	74	(49)	-
<i>Швеллер и балка № 11-13. Нормализация при 920-950 °С</i>								
8	530	670	26	99	106	70	69	-
12	500	650	24	94	80	-	44	83
20	455	610	26	117	-	-	-	91

### Ударная вязкость (КСУ) при отрицательных температурах

Состояние поставки	Толщина листа, мм	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытания, °С	
		-40	-70
		не менее	
Лист и полоса (образцы поперечные)	От 5 до 10	44	34
	До 32 вкл.	39	29

### Технологические свойства [183]

Свариваемость — сваривается без ограничений.

### Коррозионная стойкость

Среда	Температура, °С	Глубина, мм/год
42%-ный раствор NaOH	20	0,012–0,017
25%-ная аммиачная вода	20	0,212–0,248

### Сталь 14ХГС

Заменитель — стали 15ХСНД, 16ГС, 14ГН, 16ГН, 14СНД.

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 17066–94, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 19904–90. Полоса ГОСТ 82–70.

Назначение — сварные конструкции, листовые, клапанные конструктивные детали.

### Химический состав, %

C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S	As
				не более				
0,11–0,16	0,4–0,7	0,9–1,3	0,5–0,8	0,30	0,30	0,035	0,040	0,08

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %
			не менее		
ГОСТ 19903–74	Лист и полоса (образцы поперечные)	До 10 вкл.	345	490	22
ГОСТ 17066–94	Лист горячекатаный	2–3,9	–	490	(18)

### Ударная вязкость КСУ

Состояние поставки	Толщина листа, мм	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при –40 °С
Лист и полоса (образцы поперечные)	От 5 до 10	Св. 39
	Св. 10	Св. 34



### Ударная вязкость (КСУ) листов толщиной 10 мм [28]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытания, °С			
	+20	-20	-40	-60
Лист:				
горячекатаный	73-96	61-85	8-26	5-8
отожженный	120-125	76-87	62-85	57-78
после закалки и отпуска	113-118	84-93	71-84	71-74

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [53]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
100	1000	1270	8	40	98	390
200	1060	1250	8	—	98	390
300	980	1180	7	42	88	360
400	880	1020	7	45	103	310
500	770	860	10	55	176	—
600	670	730	12	60	196	210
700	490	590	19	68	245	180

Примечание. Полоса толщиной 11 мм; закалка с 900 °С в воде; выдержка при отпуске 2 ч.

### Механические свойства в зависимости от толщины листа (нормализация) [145]

Толщина листа, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %
10	420	580	22	47
20	420	—	19	47
30	390	580	—	55

### Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850.

Свариваемость — РДС без ограничений, АДС под флюсом и газовой защитой.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

### Сталь 15Г2АФДпс

Заменитель — стали 18Г2АФпс, 16Г2АФ, 10ХСНД, 1БХСНД.

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 19903-74, ГОСТ 19281-89. Полоса ГОСТ 82-70.

Назначение — ответственные сварные конструкции, в том числе северного исполнения.

### Химический состав, % (ГОСТ 19281-89)

С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	V	N	P	S	As
			не более					не более		
0,12-0,18	До 0,17	1,2-1,6	0,30	0,30	0,2-0,4	0,08-0,15	0,015-0,30	0,035	0,04	0,08

### Механические свойства (ГОСТ 19281-89)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
		не менее		
Лист и полоса (образцы поперечные)	До 32 вкл.	390	540	19

### Механические свойства в зависимости от толщины листа [183]

Толщина листа, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Лист после нормализации</i>				
12	510	620	28	115
20	450	590	28	120
40	410	530	32	128
<i>Лист после закалки с 940 °С, отпуск при 650 °С</i>				
20	560	630	17	—

### Ударная вязкость (KCU) при отрицательных температурах (ГОСТ 19281-89)

Состояние поставки	Сечение, мм	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытания, °С	
		-40	-70
		не менее	
Лист и полоса (образцы поперечные)	От 5 до 10	44	34
	От 10 до 32 вкл.	39	29

### Предел выносливости [117]

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
$\sigma_{0,2} = 410$ МПа, $\sigma_b = 500$ МПа	250	$10^6$

### Технологические свойства [184]

Свариваемость — сваривается без ограничений.

### Сталь 20ХГ2Ц

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5781-82, ГОСТ 2590-88.

Назначение — для изготовления арматуры периодического профиля класса А-IV диаметром от 10 до 32 мм.

### Температура критических точек, °С [34]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$M_n$
770	835	740	345

### Химический состав, %

C	Mn	Si	Cr	Zr	Ni	S	P	Cu
					не более			
0,19-0,26	1,5-1,9	0,4-0,7	0,9-1,2	0,05-0,14	0,30	0,045	0,045	0,30

## Механические свойства (ГОСТ 5781-82)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
		не менее		
Сталь арматурная IV класса, горячекатаная	10-32	590	880	6

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [34]

$t_{отп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
300	1100	1240	8
400	1000	1130	9
500	800	890	13
600	650	750	17

Примечание. Периодический профиль № 14; закалка с 950 °C в воде.

## Ударная вязкость КСУ [34]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °C			
	+20	-20	-40	-60
Периодический профиль № 18, горячекатаный	80-90	38-55	25-40	15-30

## Технологические свойства (ГОСТ 5781-82)

Свариваемость — сваривается без ограничений.

## Сталь 10ХСНД

Заменитель — сталь 16Г2АФ.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19281-89, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 8239-89, ГОСТ 8240-89, ГОСТ 6713-91, ГОСТ 535-88, ГОСТ 5521-93, ГОСТ 8509-93, ГОСТ 8510-86. Лист толстый ГОСТ 19281-89, ГОСТ 19903-74, ГОСТ 5521-93, ГОСТ 6713-91. Лист тонкий ГОСТ 17066-94, ГОСТ 19903-74, ГОСТ 19904-90, ГОСТ 5521-93. Полоса ГОСТ 19281-89, ГОСТ 82-70, ГОСТ 103-76, ГОСТ 6713-91, ГОСТ 14637-89, ГОСТ 19281-89, ГОСТ 5521-93. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71. Трубы ОСТ 14-21-77.

Назначение — элементы сварных металлоконструкций и различные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы и работающие при температуре от -70 до 450 °C.

## Химический состав, % (ГОСТ 19281-89)

С, не более	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	N	As
						не более			
0,12	0,8-1,1	0,5-0,8	0,6-0,9	0,5-0,8	0,4-0,6	0,035	0,040	0,008	0,08

## Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 19281-89	Сортовой и фасонный прокат	До 15 вкл.	390	530	19
ГОСТ 19282-89	Лист и полоса	Св. 15 до 32 вкл.	390	530	19
		Св. 32 до 40 вкл.	390	530	19
ГОСТ 17066-94	Лист горячекатаный	От 2 до 3,9 вкл.	—	530	(15)

## Ударная вязкость КС при отрицательных температурах

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КС, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
			-40	-70
			КСU	
ГОСТ 19281-89	Сортовой и фасонный прокат	От 5 до 10	49	34
		От 10 до 15 вкл.	39	29
			КСV	
ГОСТ 19281-89	Лист и полоса	От 5 до 10	49	34
		От 10 до 15 вкл.	39	29
		Св. 15 до 32 вкл.	49	29
		Св. 32 до 40 вкл.	49	29

## Предел выносливости в горячекатаном состоянии [81]

Толщина, мм	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
4-32	284	167
33-40	274	167

## Механические свойства при повышенных температурах [147]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
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

Примечание. Лист толщиной 20 мм после нормализации.

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850.

Свариваемость—сваривается без ограничений.

Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС.

Обработываемость резанием —  $K_{у.тв.спл} = 1,12$  и  $K_{у.б.ст} = 1,4$  в нормализованном и отпущенном состоянии  $\sigma_b = 560$  МПа [100].

Склонность к отпускной хрупкости — малосклонна.

Флокочувствительность — не чувствительна.

## Сталь 10ХНДП

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19281–89, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 8239–89, ГОСТ 8240–89. Лист толстый ГОСТ 19281–89, ГОСТ 19903–74. Лист тонкий ГОСТ 17066–94, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 19904–90. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение — в строительстве и машиностроении для сварных конструкций.

### Химический состав, % (ГОСТ 19281–89)

С, не более	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	N	As	Al
	не более									
0,12	0,17–0,37	0,3–0,6	0,5–0,8	0,3–0,6	0,3–0,5	0,07–0,12	0,040	0,008	0,08	0,08–0,15

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
			не менее		
ГОСТ 19281–89	Сортовой и фасонный прокат	До 10	345	470	20
	Лист и полоса	До 10	345	470	20
ГОСТ 17066–94	Лист горячекатаный	2–3,9	–	470	17

### Ударная вязкость (КС)

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
			+20	–20	–40	
ГОСТ 19281–89	Сортовой и фасонный прокат	От 5 до 10	$KCV$			
			–	–	Св. 39	
ГОСТ 19281–89	Лист и полоса (образцы поперечные)	От 5 до 10	$KCV$			
			–	–	Св. 39	
[140]	Лист (образцы поперечные)	18	55	47	45	42

### Механические свойства при повышенных температурах [78]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
20	390	505	22	51
400	390	540	32	70
500	395	540	–	70
600	385	530	32	71
700	380	530	33	70
800	355	500	34	70

Примечание. Лист толщиной 10 мм в состоянии поставки.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [78]

$t_{отп.}$ , °С	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость $HV$
300	121	210
400	119	215
500	147	198

Примечание. Образцы после закалки с 950 °С в воде.

## Технологические свойства

Свариваемость — сваривается без ограничений.

### Коррозионная стойкость [89]

Среда	Глубина, мм/год
Воздух	0,057
Грунт	0,0206
Вода	0,0197

## Сталь 15ХСНД

Заменитель — стали 16Г2АФ, 15ГФ, 14ХГС, 16ГС, 14СНД.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19281–89, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 8239–89, ГОСТ 8240–89, ГОСТ 6713–91, ГОСТ 535–88. Лист толстый ГОСТ 19903–74, ГОСТ 6713–75, ГОСТ 14637–89. Лист тонкий ГОСТ 17066–94, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 19904–90. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70, ГОСТ 6713–91, ГОСТ 14637–89. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение — элементы сварных металлоконструкций и различные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы и работающие при температуре от –70 до 450 °С.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
730	885	803	650

### Химический состав, %

С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	As	N
						не более			
0,12–0,18	0,4–0,7	0,4–0,7	0,6–0,9	0,3–0,6	0,2–0,4	0,035	0,040	0,08	0,008

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_{в}$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 19281–89	Сортовой и фасонный прокат	От 5 до 10	345	490	21
		От 10 до 32 вкл.	325	470	21
	Лист и полоса в состоянии поставки (образцы поперечные)	До 32 вкл.	345	490	21
ГОСТ 17066–94	Лист горячекатаный	От 2 до 3,9 вкл.	–	490	(17)

### Ударная вязкость КС (ГОСТ 19281–89)

Состояние поставки	Сечение, мм	КС, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
		-40	70
Сортовой прокат	От 5 до 10	39	34
	От 10 до 20 вкл.	29	29
	Св. 20 до 32 вкл.	29	—
Лист и полоса (образцы поперечные)	От 5 до 10	39	29
	От 10 до 32 вкл.	29	29

### Механические свойства при повышенных температурах [84]

$t_{исп.}, °С$	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$t_{исп.}, °С$	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
20	370	620	20	400	375	590	14
200	370	590	15	500	300	365	17
300	360	610	11				

Примечание. Лист нормализованный.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [84]

$t_{отп.}, °С$	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %	КСU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
200	1220	1450	10	56	78	425
300	1160	1370	10	57	—	410
400	1080	1170	11	58	78	360
500	840	930	15	62	118	275
600	640	740	20	68	176	220

Примечание. Закалка с 900 °С в воде.

### Предел выносливости ( $n = 10^7$ )

Состояние поставки	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
Образцы без надреза [81], $\sigma_b = 490\text{--}560$ МПа [62]	304	157

### Технологические свойства [81]

Свариваемость — сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС.

Склонность к отпускной хрупкости — малосклонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

### Прокаливаемость [84]

Термообработка	Критическая твердость $HRC_c$	Критический диаметр, мм, после закалки	
		в воде	в масле
Закалка с 900 °С	36–48	30	—
	24–35	—	30

### Коррозионная стойкость [89]

Среда	Глубина, мм/год
Морская вода	0,0435–0,0573 [84]
Грунт	До 0,0179
Воздух	До 0,0608

## Сталь 35ГС

Заменитель — стали ВСт5сп, Ст6, Ст5пс.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5781–82, ГОСТ 2590–88.

Назначение — для изготовления арматуры периодического профиля класса А-III диаметром от 6 до 40 мм.

### Температура критических точек, °С [176]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	M <sub>n</sub>
750	820	369

### Химический состав, % (ГОСТ 5781–82)

С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Cu
не более							
0,30–0,37	0,8–1,2	0,6–0,9	0,30	0,30	0,045	0,040	0,30

### Механические свойства (ГОСТ 5781–82)

Состояние поставки, режим термообработки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
		не менее				
Сталь арматурная III класса горячекатаная	6–40	390	590	14	–	–
Образец длиной 340–360 мм профиля № 14 стержневой арматуры [158]:						
горячекатаный	–	410–450	690–710	15–21	48–64	202
после заковки с 1000 °С в воде (35 °С), 4 с и отпуск при 425 °С	–	890–900	1000–1050	9–10	127–157	363

### Механические свойства в зависимости от сечения [148]

Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %
Стержень горячекатаный				40	405–420	660–690	20–23
16	350–375	590–630	22–30	Стержень холоднодеформированный			
25	370–500	610–770	18–30	16	550–630	660–700	11–19

Примечание. Стержневая арматура; заковка с 870–880 °С.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [148]

t <sub>отп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %
300	1200	1370	5
400	1030	1130	10
500	730	850	16
600	640	730	18

Примечание. Стержневая арматура; заковка с 870–880 °С.



## Ударная вязкость КСУ при отрицательных температурах [158]

Обработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
	-20	-40
После горячей прокатки	38-47	24-31
После закалки с 1000 °С и отпуска при 425 °С	99-142	49-70

Примечание. Образец длиной 340-360 мм профиля № 14 стержневой арматуры.

## Механические свойства в зависимости от степени холодной пластической деформации [158]

Термообработка	Степень деформации, %	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость НВ
Нагрев при 930 °С, охл. на воздухе до 800 °С, охл. после деформации растяжением в селитре при 300 °С, 5 мин	-	950	5	69	210
	10	950	16	-	245
	15	950	-	69	260
	35	990	16	73	260

Примечание. Образец длиной 50 мм, сечением 10 мм профиля № 22 стержневой арматуры.

## Технологические свойства (ГОСТ 5781-82)

Свариваемость — сваривается без ограничений.

## Сталь 25Г2С

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5781-82, ГОСТ 2590-88.

Назначение — для изготовления арматуры периодического профиля III класса диаметром от 6 до 40 мм.

## Химический состав, % (ГОСТ 5781-82)

С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Cu
			не более				
0,20-0,29	1,2-1,6	0,6-0,9	0,30	0,30	0,045	0,040	0,30

## Механические свойства (ГОСТ 5781-82)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
		не менее		
Сталь арматурная III класса, горячекатаная	6-40	390	590	14

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [190]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
150	1220	1310	8	500	830	910	14
300	1100	1210	6	600	690	740	17
400	960	1060	9				

Примечание. Стержневая арматура сечением 14-16 мм; закалка с 900 °С в воде.

### Механические свойства в зависимости от сечения [148]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
<i>Стержень горячекатаный</i>				40	420-435	660-680	25-29
16	420-430	660-690	23-28	<i>Стержень холоднодеформированный</i>			
25	380-400	590-620	23-31	16	580-660	640-730	15-18

### Ударная вязкость КСУ [28]

Сечение стержневого периодического профиля, мм	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-20	-40
12	132	92	84
14	191	169	136
22	135	96	69

### Технологические свойства [79, 84]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850.  
 Свариваемость — сваривается без ограничений.  
 Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.  
 Флокочувствительность — не чувствительна.

## СТАЛЬ КОНСТРУКЦИОННАЯ ЛЕГИРОВАННАЯ

### Сталь 15Х

Заменитель — сталь 20Х.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-77, ОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 10702-78. Калиброванный прутки ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 1051-73, ГОСТ 10702-78. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-78. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70. Трубы ГОСТ 8733-74, ГОСТ 8734-75, ГОСТ 9567-75.

Назначение — втулки, пальцы, шестерни, валики, толкатели и другие цементуемые детали, к которым предъявляется требование высокой поверхностной твердости при невысокой прочности сердцевины, детали, работающие в условиях износа при трении.

### Температура критических точек, °С [140]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
766	838	799	702

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-77)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более			не более	
0,12-0,18	0,17-0,37	0,4-0,7	0,035	0,035	0,7-1,0	0,30	0,30

### Механические свойства проката

ГОСТ	Состояние поставки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость, не более
		не менее					
ГОСТ 4543-77	Пруток, закалка с 880 °С в воде или масле, закалка с 770-820 °С в воде или масле; отпуск при 180 °С, охл. на воздухе или в масле	490	690	12	45	64	-
ГОСТ 10702-78	Сталь калиброванная и калиброванная со специальной отделкой:						
	после отжига или отпуска	-	550	-	60	-	НВ 179
	после сфероидизирующего отжига	-	340-440	-	60	-	НВ 179
	нагартованная без термообработки	-	590	5	45	-	НВ 207
[84]	Пруток. Цементация при 910 °С, закалка с 790 °С в воде, отпуск при 190 °С	370	610	15	45	59	НВ 179 HRC <sub>3</sub> 58-64* <sup>1</sup>

\*1 Твердость поверхности.

### Механические свойства поковок (ГОСТ 8479-70)

Термообработка	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
			не менее					
Нормализация	До 100	195	195	390	26	55	59	111-156
	100-300	195	195	390	23	50	54	111-156
Закалка + отпуск	До 100	345	345	590	18	45	59	174-217

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [84]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
200	550	780	7	46	39
300	560	750	4	55	49
400	560	720	6	59	78
500	540	680	9	61	98
600	530	630	10	61	127

Примечание. Закалка с 880 °С.

### Механические свойства при повышенных температурах [84]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %	$t_{исп}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %
800	48	36	56	1100	32	42	96
900	47	19	25	1150	19	52	98
1000	32	29	52				

Примечание. Образец диаметром 10 мм, длиной 100 мм, отожженный; скорость перемещения захватов машины 0,38-0,47 мм/мин.

### Ударная вязкость КСУ [130]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
	+20	-40
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 200 °С, 1 ч	98	61

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1260, конца 800. Заготовки сечением до 200 мм охлаждаются на воздухе, сечением 200—700 мм подвергаются низкотемпературному отжигу.

Свариваемость — сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РДС, КТС без ограничений.

Обработываемость резанием —  $K_{v\text{ тв.спл}} = 0,9$  и  $K_{v\text{ б.ст}} = 1,0$  при  $\sigma_b = 730$  МПа [100].

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

## Прокаливаемость (ГОСТ 4543-71)

Полоса прокаливаемости стали 15X после нормализации при 900 °С и закалки с 880 °С приведена на рис. 7.



Рис. 7. Полоса прокаливаемости стали 15X

---

## Сталь 20X

---

Заменитель — стали 15X, 20XH, 12XH2, 18ХГТ.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 10702-78, ГОСТ 2879-88. Калиброванный прутки ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 1051-73. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 14955-77. Лист толстый ГОСТ 1577-93, ГОСТ 19903-74. Полоса ГОСТ 82-70, ГОСТ 103-76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70. Трубы ГОСТ 8731-87, ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8733-74, ГОСТ 8734-75, ГОСТ 13663-86.

Назначение — втулки, шестерни, обоймы, гильзы, диски, плунжеры, рычаги и другие цементируемые детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости при невысокой прочности сердцевины, детали, работающие в условиях износа при трении.

### Температура критических точек, °C [130]

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
750	825	755	665	390

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
не более							
0,17-0,23	0,17-0,37	0,5-0,8	0,7-1,0	0,035	0,035	0,30	0,30

### Механические свойства проката

ГОСТ	Состояние поставки, режим термообработки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость, не более
			не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток, закалка с 880 °C в воде или масле, закалка с 770-820 °C в воде или масле; отпуск при 180 °C, охл. на воздухе или в масле	15	640	780	11	40	59	-
ГОСТ 10702-78	Сталь нагартованная - калиброванная и калиброванная со специальной отделкой без термообработки	-	-	590	5	45	-	HB 207
[84]	Пруток. Цементация при 920-950 °C, охл. на воздухе; закалка с 800 °C в масле; отпуск при 190 °C, охл. на воздухе	60	390	640	13	40	49	HB 250; HRC <sub>3</sub> 55-63*1

\*1 Поверхность.

### Механические свойства поковок (ГОСТ 8479-70)

Термообработка	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB, не более		
			не менее							
Нормализация	До 100	195	195	390	26	55	59	111-156		
	100-300				23	50	54			
	300-500				20	45	49			
Закалка + отпуск	До 100	215	215	430	24	53	54	123-167		
	100-300				20	48	49			
	До 100	245	245	470	22	48	49		143-179	
	100-300				19	42	39			
	До 100	275	275	530	20	40	44			156-197
	100-300	275	275	530	17	38	34			
	100-300	315	315	570	14	35	34			
100-300	345	345	590	17	40	54	174-217			

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [84]

$t_{отп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
200	650	880	18	58	118
300	690	880	16	65	147
400	690	850	18	70	176
500	670	780	20	71	196
600	610	730	20	70	225

П р и м е ч а н и е. Пруток диаметром 25 мм; закалка с 900 °C, в масле.

## Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
700	120	150	48	89	1000	33	51	78	97
800	63	93	56	74	1100	21	33	98	100
900	51	84	64	88	1200	14	25	—	—

Примечания. 1. Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм, кованный и нормализованный; скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с.  
2.  $\sigma_{1/10000}^{400} = 137 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/10000}^{450} = 88 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/10000}^{500} = 59 \text{ МПа}$  [2].

## Предел выносливости при $n = 10^7$ [52]

Термообработка	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$
Нормализация, $\sigma_{0,2} = 295\text{--}395 \text{ МПа}$ , $\sigma_b = 450\text{--}590 \text{ МПа}$ , $HV 143\text{--}179$	235
Закалка + высокий отпуск, $\sigma_{0,2} = 490 \text{ МПа}$ , $\sigma_b = 690 \text{ МПа}$ , $HV 217\text{--}235$	295
Цементация + закалка + низкий отпуск, $\sigma_{0,2} = 790 \text{ МПа}$ , $\sigma_b = 930 \text{ МПа}$ , $HRC\alpha 57\text{--}63$	412

## Ударная вязкость KCU [28]

Состояние поставки	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, $^\circ\text{C}$			
	+20	-20	-40	-60
Пруток диаметром 115 мм; закалка + отпуск	280–286	280–289	277–287	261–274

## Технологические свойства

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1260, конца 750. Заготовки сечением до 200 мм охлаждаются на воздухе, сечением 201–700 мм подвергаются низкотемпературному отжигу [81].

Свариваемость — сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РДС, КТС без ограничений.

Обработываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,3$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,7$  в горячекатаном состоянии при  $HV 131$  и  $\sigma_b = 460 \text{ МПа}$  [81].

Флокеночувствительность — малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Прокаливаемость [69]

Полоса прокаливаемости стали 20X после нормализации при  $900 \text{ }^\circ\text{C}$  и закалки с  $860 \text{ }^\circ\text{C}$  приведена на рис. 8.

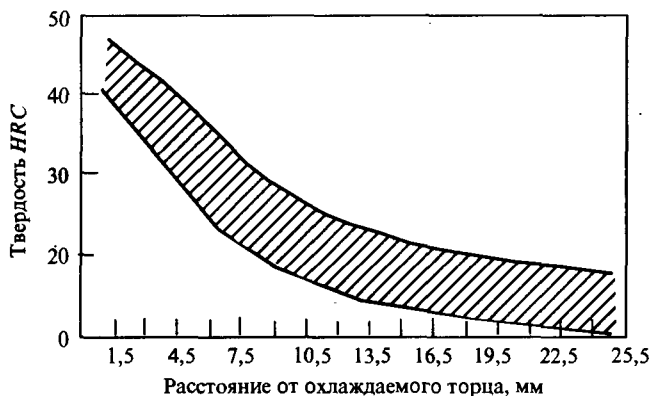


Рис. 8. Полоса прокаливаемости стали 20X

### Критический диаметр $d$

Критическая твёрдость HRC <sub>3</sub>	Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
32–36	50	26–48	8–24
38–42	90	12–28	3–9

### Сталь 30X

Заменитель — стали 30ХРА, 35Х, 35ХРА.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 1577–81, ГОСТ 19903–74. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 1577–93, ГОСТ 82–70. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение — для осей, валиков, рычагов, болтов, гаек и других некрупных деталей.

### Температура критических точек, °С [84]

$A_{c1}$	$A_{c3}$
740	815

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
				не более			
0,24–0,32	0,17–0,37	0,5–0,8	0,8–1,1	0,035	0,035	0,30	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки, режим термообработки	Сече- ние, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_a$	$\delta_5$	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твёрдость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543–77	Пруток, закалка с 860 °С в масле; отпуск при 500 °С, охл. в воде или в масле	25	–	690	880	12	45	69	–
ГОСТ 8479–70	Поковка; закалка + отпуск	До 100	395	395	615	17	45	59	187–229

### Механические свойства в зависимости от сечения [84]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_a$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
40	К	510	720	22	66	216
	Ц	490	680	27	65	196
80	К	520	720	21	66	206
	Ц	480	680	28	62	176
120	К	620	720	21	65	206
	Ц	420	680	28	60	167
160	К	410	720	18	64	206
	Ц	420	670	27	61	154

Примечание. Закалка с 850 °С в воде; отпуск при 550 °С.

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [2]

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
300	540	900	11	53	20
400	560	860	13	54	39
500	440	690	18	70	39
600	490	670	17	74	54

Примечание. Закалка с 800 °С в воде.

## Механические свойства при повышенных температурах [77]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
300	570	790	25	65	127
400	510	650	21	74	68
600	450	500	14	75	83

Примечание. Пруток диаметром 40 мм; закалка с 860 °С в масле; отпуск при 500 °С.

## Предел выносливости [2]

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$\tau_{-1}, \text{МПа}$
$\sigma_{0,2} = 450 \text{ МПа}; \sigma_b = 690 \text{ МПа}$	333	240

## Ударная вязкость КСУ [28]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+15	-20	-40	-70
Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. в масле	42	34	34	33

## Технологические свойства [50]

Температура ковки, °С: начала 1250, конца 800. Охлаждение замедленное.

Свариваемость — сваривается ограниченно. РДС, ЭШС с подогревом и последующей термообработкой.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

Флокеночувствительность — чувствительна.

## Прокаливаемость (ГОСТ 4543-71)

Твердость $HRC_2$ на расстоянии от торца, мм (закалка с 860 °С)									
1,6	3	4,3	6	7,5	9	10,5	13,5	16,5	24
48-54	44-53	40-51,5	36,5-49,5	34-46,5	31-42,5	28,5-39	25-34	30,5	27

Примечание. Количество мартенсита 50 %; критический диаметр после закалки в масле равен 15-25 мм.

## Сталь 35Х

Заменитель — стали 40Х, 35ХР.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 10702-78. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70.

Назначение — оси, валы, шестерни, кольцевые рельсы и другие улучшаемые детали.



### Температура критических точек, °С [140]

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
743	782	730	693	360

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
не более							
0,31-0,39	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1	0,035	0,035	0,30	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки, режим термообработки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$ , %	$KCU_1$	Твердость НВ, не более
				МПа	МПа	%	Дж/см <sup>2</sup>		
ГОСТ 4543-77	Пруток. Закалка с 860 °С в масле, отпуск при 500 °С, охл. в воде или в масле	25	-	730	910	11	45	69	-
ГОСТ 8479-70	Поковка. Закалка + отпуск	100-300 До 100	395 490	395 490	615 655	15 16	40 45	54 59	187-229 212-248

### Механические свойства в зависимости от сечения [140]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
30	760	880	15	50	78	262
50	650	820	15	50	78	248
80	550	740	15	50	78	217
120	490	700	15	50	59	207
160	450	670	15	50	59	197
240	390	630	15	50	59	187

Примечание. Нормализация при 850 °С; отпуск при 660 °С, охл. на воздухе; закалка с 850 °С в воде; отпуск при 570 °С, охл. в воде или масле.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [89]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>
500	880	980	15	53	98
600	680	830	19	61	127
700	540	710	24	68	166

Примечание. Закалка с 850 °С в воде.

### Механические свойства при повышенных температурах [89]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
20	460	690	28
200	390	700	22
300	360	670	22
400	310	540	24

Примечание. Закалка с 840 °С в масле; отпуск при 580 °С.

### Предел выносливости [84]

$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	$n$
690	362	240	10 <sup>6</sup>

## Ударная вязкость КСУ [89]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-25	-70
Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 580 °С	101	69	48

Примечание.  $\sigma_{1/10000}^{425} = 123$  МПа;  $\sigma_{1/10000}^{540} = 20$  МПа [140].

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 800.

Свариваемость — ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка, КТС — рекомендуется последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v\text{ б.ст}} = 0,95$  в горячекатаном состоянии при НВ 163 и  $\sigma_{\text{в}} = 610$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

Флокеночувствительность — малочувствительна.

### Прокаливаемость

Твердость HRC <sub>3</sub> на расстоянии от торца, мм									
1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12	13,5	18
44,5-55	42,5-54	40,5-53,5	36,5-53	32-51,5	29-48,5	28-45,5	25-43,5	23-40,5	20-36

Примечание. Количество мартенсита 50 %; критический диаметр после закалки в масле равен 15-25 мм [50].

## Сталь 38ХА

Заменитель — стали 40Х, 35Х, 40ХН.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 10702-78. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77. Лист толстый ГОСТ 1577-93. ГОСТ 19903-74. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 82-70. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71. Трубы ГОСТ 21729-76.

Назначение — червяки, зубчатые колеса, шестерни, валы, оси, ответственные болты и другие улучшаемые детали.

### Температура критических точек, °С [138]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
740	780	730	693	250

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
				не более			
0,35-0,42	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1	0,025	0,025	0,30	0,30

## Механические свойства (ГОСТ 4543–71)

Состояние поставки, режим термообработки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
		не менее				
Пруток. Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 550 °С, охл. в воде или в масле	25	780	930	12	50	88

### Механические свойства в зависимости от сечения [142]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
100	540	690	15	45	59	240–280
100–200	490	660	13	40	54	230–270
200–300	440	640	14	40	54	230–260

Примечание. Поковка; закалка с 850 °С в масле; отпуск при 560 °С, охл. на воздухе.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [2]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
400	1220	1310	7	38	54	380
500	930	1030	12	47	108	320
600	710	830	17	63	167	260

Примечание. Закалка с 850 °С в воде.

### Механические свойства в зависимости от температуры испытаний [84]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
<i>Пруток диаметром 28–55 мм; закалка с 850 °С в масле; отпуск при 550 °С</i>						
20	790	940	13	55	83	285–302
300	680	880	17	58	–	–
400	610	690	18	68	98	–
500	430	490	21	80	78	–
<i>Пруток диаметром 28–55 мм; закалка с 830 °С в масле; отпуск при 680 °С [77]</i>						
20	570	700	26	60	216	207–217
400	430	590	19	71	211	–
500	360	420	24	79	132	–
600	210	245	32	89	–	–
<i>Пруток диаметром 25 мм; закалка с 860 °С в масле; отпуск при 550 °С [71]</i>						
–20	900	1040	18	58	–	–
–40	930	1100	18	55	78	–
–70	1000	1120	18	55	59	–

### Предел выносливости

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа
$\sigma_b = 690$ МПа; закалка + отпуск [81]	333
$\sigma_{0,2} = 830$ МПа; $\sigma_b = 980$ МПа; НВ 241 [87]	392
$\sigma_b = 870$ МПа [51]	372

Примечание.  $\sigma_{1/1000}^{425} = 124$  МПа;  $\sigma_{1/1000}^{450} = 88$  МПа;  $\sigma_{1/1000}^{540} = 59$  МПа;  $\sigma_{1/10000}^{540} = 25$  МПа [2].

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1240, конца 780 [138].

Свариваемость — трудносвариваемая, рекомендуется сварка плавлением с предварительным подогревом и последующей термообработкой.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, б.ст} = 0,8$  и  $K_{v, тв.спл} = 0,7$  при  $\sigma_B = 930$  МПа.  
 Флокочувствительность — чувствительна.  
 Склонность к отпускной хрупкости — склонна [81].

### Прокаливаемость [51]

Твердость HRC <sub>3</sub> на расстоянии от торца, мм								
2,5	6	7,5	10	12,5	16	20	25	35
61,5–60	49,5–59	44,5–57,5	37,0–54,5	34,5–51	32,5–47,5	31–42,5	30–39	28–37,5

### Сталь 40X

Заменитель — стали 45X, 38XA, 40XH, 40XC, 40XF, 40XP.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 1577–93, ГОСТ 19903–74. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 1577–93, ГОСТ 82–70. Поковки ГОСТ 8479–70. Трубы ГОСТ 8731–74, ГОСТ 8733–74, ГОСТ 13663–86.

Назначение — оси, валы, вал-шестерни, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы, кольца, шпиндели, оправки, рейки, зубчатые венцы, болты, полуоси, втулки и другие улучшаемые детали повышенной прочности.

### Температура критических точек, °C [81]

A <sub>c1</sub>	A <sub>c3</sub>	A <sub>r3</sub>	A <sub>r1</sub>	M <sub>n</sub> [105]
743	815	730	693	325

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
0,36–0,44	0,17–0,37	0,5–0,8	0,8–1,1	0,30	0,30	0,035	0,035

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	$\delta_5$	$\psi$	KCU <sub>2</sub>	Твердость HB, не более
				МПа	МПа	%	%		
ГОСТ 4543–71	Пруток. Закалка с 860 °C в масле, отпуск при 500 °C, охл. в воде или в масле	25	–	780	980	10	45	59	–
		не менее							
ГОСТ 8479–70	Поковка: нормализация	500–800	245	245	470	15	30	34	143–179
		300–500	275	275	530	15	32	29	156–197
	закалка + отпуск	500–800	275	275	530	13	30	29	156–197
		нормализация	До 100	315	315	570	17	38	39
	закалка + отпуск	100–300				14	35	34	
		300–500	315	315	570	12	30	29	167–207
		500–800			11	30	29		

Продолжение

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более					
				не менее										
	нормализация	До 100	345	345	590	18	45	59	174-217					
		100-300		345		17	40			54				
	закалка + отпуск	300-500	395	395	615	14	38	49	187-229					
		До 100				17	45			59				
		100-300				15	40			54				
		300-500				13	35			49				
		До 100				440	440			635	16	45	59	197-235
		100-300				14	40			54				
		До 100	490	490	655	16	45	59	212-248					
		100-300				13	40			54				
		100-300				13	40			54				

**Механические свойства в зависимости от сечения [83]**

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
101-200	490	655	15	45	59	212-248
201-300	440	635	14	40	54	197-235
301-500	345	590	14	38	49	174-217

Примечание. Закалка с 840-860 °С в масле; отпуск при 580-650 °С, охл. на воздухе.

**Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [81]**

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
200	1560	1760	8	35	29	552
300	1390	1610	8	35	20	498
400	1180	1320	9	40	49	417
500	910	1150	11	49	69	326
600	720	860	14	60	147	265

Примечание. Закалка с 850 °С в воде.

**Механические свойства при повышенных температурах [81]**

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 830 °С в масле; отпуск при 550 °С</i>					
200	700	880	15	42	118
300	680	870	17	58	-
400	610	690	18	68	98
500	430	490	21	80	78
<i>Образец диаметром 10 мм, длиной 50 мм, кованный и отожженный; скорость деформирования 5 мм/мин; скорость деформации 0,002 1/с</i>					
700	140	175	33	78	-
800	54	98	59	98	-
900	41	69	65	100	-
1000	24	43	68	100	-
1100	11	26	68	100	-
1200	11	24	70	100	-

## Предел выносливости [2, 127, 130]

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	$n$
$\sigma_B = 690$ МПа	363	—	$10^6$
$\sigma_B = 940$ МПа	470	—	$10^6$
$\sigma_B = 960$ МПа; $\sigma_{0,2} = 870$ МПа	509	—	—
$\sigma_B = 690$ МПа	333	240	$5 \cdot 10^6$
Закалка с $860^\circ\text{C}$ в масле; отпуск при $550^\circ\text{C}$	372	—	—

## Ударная вязкость КСУ [28]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °C			
	+20	-20	-40	-70
Закалка с $850^\circ\text{C}$ в масле; отпуск при $650^\circ\text{C}$	160	148	107	85
Закалка с $850^\circ\text{C}$ в масле; отпуск при $580^\circ\text{C}$	91	82	—	54

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °C: начала 1250, конца 800. Сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — трудносвариваемая. Способы сварки: РДС, ЭШС. Необходимы подогрев и последующая термообработка. КТС — необходима последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_v$  <sub>тв.стл</sub> = 1,2 и  $K_v$  <sub>б.ст</sub> = 0,95 в горячекатаном состоянии при  $HV$  163–168 и  $\sigma_B = 610$  МПа.

Флокеночувствительность — чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

## Прокаливаемость (ГОСТ 4543–71)

Полоса прокаливаемости стали 40X после нормализации при  $860^\circ\text{C}$  и закалки с  $850^\circ\text{C}$  приведена на рис. 9.

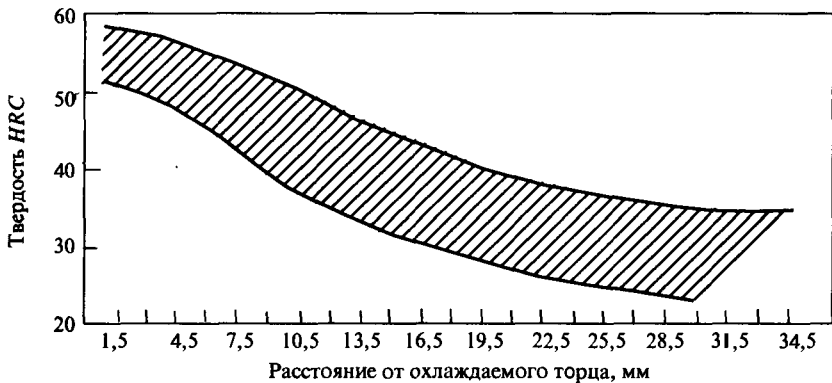


Рис. 9. Полоса прокаливаемости стали 40X

## Критический диаметр $d$

Критическая твердость HRC <sub>c</sub>	Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
43–46	50	38–76	16–48
49–53	90	23–58	6–35

## Сталь 45Х

Заменитель — стали 40Х, 50Х, 45ХЦ, 40ХГТ, 40ХФ, 40Х2АФЕ.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 1577–81, ГОСТ 19903–74. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70.

Назначение — валы, шестерни, оси, болты, шатуны и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной твердости, износостойкости, прочности и работающие при незначительных ударных нагрузках.

### Температура критических точек, °С [84]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub> [105]
735	770	690	660	355

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

С	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
				не более			
0,41–0,49	0,17–0,37	0,5–0,8	0,8–1,1	0,035	0,035	0,30	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки, режим термообработки	Сечение, мм	КП	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543–71	Пруток. Закалка с 840 °С в масле; отпуск при 520 °С, охл. в воде или в масле	25	—	830	1030	9	45	49	—
ГОСТ 8479–70	Поковка: нормализация	До 100	315	315	570	17	38	39	167–207
		300–500		315	570	12	30	29	167–207
		500–800		315	570	11	30	29	167–207
	закалка + отпуск	500–800	315	315	570	11	30	29	167–207
		нормализация	До 100	345	345	590	18	45	59
	100–300			345	590	17	40	54	174–217
	300–500			345	590	14	38	49	174–217
	закалка + отпуск	500–800	395	345	590	12	33	39	174–217
		100–300		395	615	15	40	54	187–229
		300–500		395	615	13	35	49	187–229
		100–300	440	440	635	14	40	54	197–235
		300–500		440	635	13	35	49	197–235
		До 100	490	490	655	16	45	59	212–248
		100–300		490	655	13	40	54	212–248
100–300	540	540	685	13	40	49	223–262		
	До 100	590	590	735	14	45	59	235–277	
	До 100	640	640	785	13	42	59	248–293	

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [84, 118]

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	Твердость $HV$
<i>Прутки диаметром 25 мм; закалка с 830 °С в масле</i>					
300	1490	1710	10	27	500
400	1270	1490	12	37	450
500	1130	1240	17	50	375
600	880	1030	21	60	300
<i>Прутки диаметром 50 мм; закалка с 820 °С в масле</i>					
400	1490	1600	4	40	—
500	1080	1190	10	52	—
600	540	640	20	60	—

## Предел выносливости [51, 84, 149, 161]

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$n$
$\sigma_b = 980 \text{ МПа}; \sigma_{0,2} = 830 \text{ МПа}; HV 285$	343	—
$\sigma_b = 780 \text{ МПа}; \sigma_{0,2} = 550 \text{ МПа}; HV 217$	380	—
$\sigma_b = 1590 \text{ МПа}$	774	$10^6$
$\sigma_b = 1150 \text{ МПа}$	588	$5 \cdot 10^6$

Примечание.  $\sigma_{1/1000}^{450} = 88 \text{ МПа}$  [140].

## Ударная вязкость КСУ [81]

КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
+20	-40	-80
55.	51	39

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 780. Заготовки сечением до 100 мм охлаждаются на воздухе, 101–300 мм — в мульде.

Свариваемость — трудносвариваемая. Способы сварки: РДС — необходимы подогрев и последующая термообработка. КТС — необходима последующая термообработка.

Обработываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,20$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,95$  в горячекатаном состоянии при  $HV 163-168$  и  $\sigma_b = 610 \text{ МПа}$ .

Флокеночувствительность — чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

## Прокаливаемость (ГОСТ 4543-71)

Полоса прокаливаемости стали 45X после нормализации при 850 °С и закалки с 850 °С приведена на рис. 10.



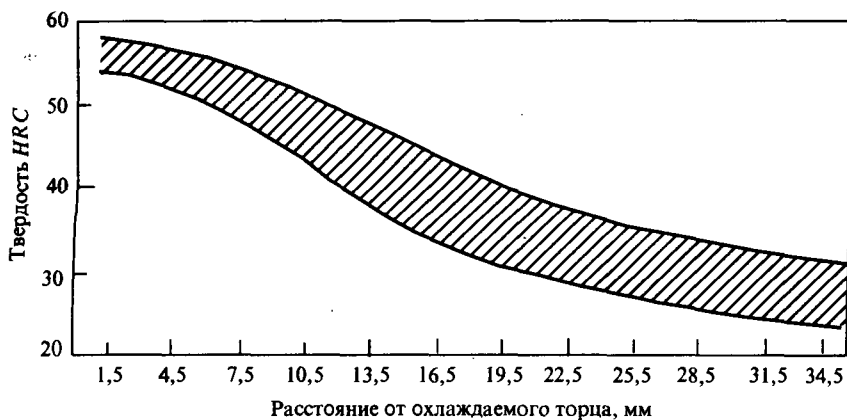


Рис. 10. Полоса прокаливаемости стали 45X

### Критический диаметр $d$

Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после заковки [51]	
	в воде	в масле
50	33–60	20–38
95	21–36	12–14

## Сталь 50X

Заменитель — стали 40X, 45X, 50XH, 50XФА.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70.

Назначение — валы, шпиндели, установочные винты, крупные зубчатые колеса, редукторные валы, упорные кольца, валки горячей прокатки и другие улучшаемые детали, к которым предъявляются требования повышенной твердости, износостойкости, прочности и работающие при незначительных ударных нагрузках.

### Температура критических точек, °C [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [2]
720	770	693	660	250

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
				не более			
0,46–0,54	0,17–0,37	0,5–0,8	0,8–1,1	0,035	0,035	0,30	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки, режим термообработки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 830 °С в масле; отпуск при 520 °С, охл. в воде или в масле	25	-	880	1080	9	40	39	-
ГОСТ 8479-70	Поковка:								
	нормализация	До 100	345	345	590	18	45	59	174-217
		100-300				17	40	54	
		300-500				14	38	49	
	закалка + отпуск	500-800				12	38	39	
		100-300	540	540	685	13	40	49	223-262
		100-300	590	590	735	13	40	49	235-277
		До 100	640	640	785	13	42	59	248-293
-	Пруток. Закалка с 830 °С в масле; отпуск при 190 °С	25	-	1270	1470	6	22	29	HRC <sub>c</sub> 46
	Пруток. Закалка с 820 °С в масле; отпуск при 650 °С	80	-	760	980	10	45	59	-

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
<i>Пруток диаметром 25 мм; закалка с 820 °С в масле [118]</i>						
300	1670	1810	10	30	-	520
400	1520	1670	13	40	-	470
500	1270	1420	17	52	-	400
600	1030	1180	21	60	-	320
<i>Пруток диаметром 50 мм; закалка с 820 °С в масле; после отпуска охл. в масле [84]</i>						
400	1520	1620	(4)	39	49	-
500	1180	1270	(9)	50	147	-
600	540	850	(17)	61	-	-

### Предел выносливости

Термообработка	Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа
Закалка с 830 °С в масле; отпуск при 190 °С	$\sigma_a = 1550$ МПа [81]	696
	$\sigma_a = 1150$ МПа [2]	588

### Механические свойства при повышенных температурах [84]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %
800	87	21	37
900	43	14	23
1000	25	16	20
1100	21	35	61

Примечание. Образец диаметром 10 мм, длиной 100 мм; закалка с 820-840 °С в масле; отпуск при 600-650 °С, охл. на воздухе.

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 770. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–300 мм — в мульде.

Свариваемость — трудносвариваемая. Способы сварки: РДС — необходимы подогрев и последующая термообработка, КТС — необходима последующая термообработка.

Обработываемость резанием —  $K_{v\text{ тв.спл}} = 0,85$  и  $K_{v\text{ б.ст}} = 0,80$  в горячекатаном состоянии при  $\sigma = 630$  МПа и  $HB\ 174\text{--}217$ .

Флокеночувствительность — чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

### Прокаливаемость [81, 69]

Полоса прокаливаемости стали 50X после закалки с 840 °С приведена на рис. 11.

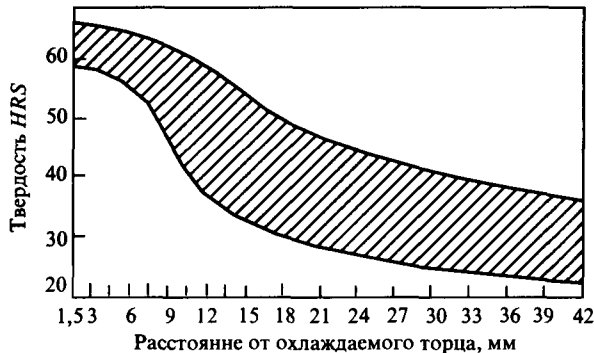


Рис. 11. Полоса прокаливаемости стали 50X

### Критический диаметр $d$

Критическая твердость $HRC_s$	Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
46–49	50	52–90	27–58
53–57	90	38–75	16–46

### Сталь 15Г

Заменитель — сталь 20Г.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 10702–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 1577–93, ГОСТ 19903–74. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70, ГОСТ 4543–71. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение — после улучшения — заклепки ответственного назначения; после цементации или цианирования — поршневые пальцы, фрикционные диски, паль-

цы рессор, кулачковые валики, болты, гайки, винты, шестерни, червяки и другие детали с высокой твердостью и износостойкостью поверхности; без термообработки — сварные подмоторные рамы, башмаки, косынки, штуцера, втулки.

### Температура критических точек, °С [173]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
735	863	840	685

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
0,12–0,19	0,17–0,37	0,7–1,0	0,035	0,035	не более 0,30	0,30	0,30

### Механические свойства (ГОСТ 4543–71)

Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %
		не менее			
Пруток, нормализация при 880 °С, охл. на воздухе	25	245	410	26	55

### Твердость после химико-термической обработки [51]

Режим химико-термической обработки	Твердость поверхности HRC <sub>3</sub>
Цементация при 920–950 °С; закалка с 810–830 °С в воде или масле; отпуск при 180–200 °С, охл. на воздухе	57–63
Цианирование при 840–860 °С; закалка с 820–840 °С в воде или масле; отпуск при 180–200 °С, охл. на воздухе	

### Механические свойства в зависимости от сечения [140]

Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 890 °С в воде; отпуск при 425 °С, охл. в масле</i>					
19	790	870	8	67	112
60	415	560	17	72	118
<i>Закалка с 890 °С в воде; отпуск при 450 °С, охл. в масле</i>					
19	790	870	8	67	112
60	415	560	17	72	118

Примечание. Предел выносливости σ<sub>-1</sub> = 230 МПа при σ<sub>b</sub> = 490 МПа, σ<sub>0,2</sub> = 280 МПа [140].

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [140]

t <sub>отп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>10</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
400	930	980	6	65	59
450	780	870	8	70	108
550	540	700	12	78	118

Примечание. Заготовка диаметром 23 мм. Нормализация при 900 °С; закалка с 890 °С в воде, охл. после отпуска в масле.

### Ударная вязкость KCU при –20 °С (ГОСТ 1577–93)

Состояние поставки	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
Лист толщиной до 80 мм, нормализованный и горячекатаный	29

Примечание. σ<sub>1/10000</sub><sup>400</sup> = 127 МПа; σ<sub>1/10000</sub><sup>500</sup> = 34 МПа [140].

### Технологические свойства

Температура ковки, °С: начала 1200, конца 825. Охлаждение на воздухе.

Свариваемость — свариваемость хорошая.

Обрабатываемость резанием —  $K_{р\text{ тв.спл}} = 1,6$  [101] и  $K_{р\text{ б.ст}} = 1,6$  при НВ 163 после отжига.

Флокеночувствительность — не чувствительна [81].

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна [140].

### Прокаливаемость [140]

Твердость HRC <sub>3</sub> на расстоянии от торца, мм						
1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
65,5	61,5	50	45,5	44,5	43,5	43,5

П р и м е ч а н и е. Цементация при 915 °С, 8 ч; закалка в масле; торцовая закалка с 800 °С.

### Сталь 35Г

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71. Калиброванный пруток ГОСТ 4543–71. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 8479–70.

Назначение — тяги, оси, серьги, траверсы, рычаги, муфты, валы, звездочки, цилиндры, диски, шпиндели, соединительные муфты паровых турбин, болты, гайки, винты и другие детали, к которым предъявляются требования невысокой прочности.

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
0,32–0,40	0,17–0,37	0,7–1,0	0,30	0,30	0,30	0,035	0,035
не более							

### Механические свойства (ГОСТ 4543–71)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
		не менее					
Сталь отожженная или высокоотпущенная	Св. 5	—	—	—	—	—	207
Сталь нагартованная	Св. 5	—	—	—	—	—	269
Пруток. Закалка с 860 °С в воде или на воздухе; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе	25	340	570	18	45	70	—
Поковка. Нормализация при 850–870 °С; отпуск при 600–630 °С	До 700 <sup>*1</sup>	310	600–720	19	40	40	187–217

\*1 Место вырезки продольного образца 1/3R.

### Технологические свойства [83]

Температура ковки, °С: начала 1250, конца 800.

Флокеночувствительность — низкая.

Склонность к отпускной хрупкости — малосклонна.

## Сталь 20Г

Заменитель — стали 20, 30Г.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 10702-78. Калиброванный пруток ГОСТ 4543-71, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 10702-78, ГОСТ 1051-53. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 14955-77. Лист толстый ГОСТ 1577-93, ГОСТ 19903-74. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 82-70. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 1133-71, ГОСТ 4543-71.

Назначение — после улучшения — заклепки ответственного назначения; после цементации или цианирования — поршневые пальцы, фрикционные диски, пальцы рессор, кулачковые валики, болты, гайки, шестерни, червяки и другие детали с высокой твердостью и износостойкостью поверхности. Без термообработки — сварные подмоторные рамы, башмаки, косынки.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub> [105]
723	830	830	680	420

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
0,17-0,24	0,17-0,37	0,7-1,0	0,035	0,035	не более		0,30
					0,30	0,30	0,30

### Механические свойства (ГОСТ 4543-71) [142, 162]

Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
		не менее					
Пруток; нормализация при 880 °С, охл. на воздухе	25	275	450	24	50	—	—
Поковка; нормализация при 900 °С, охл. на воздухе; отпуск при 610 °С, охл. на воздухе	650	235	430	24	—	39	126-163
Цементация при 900-920 °С, охл. на воздухе; закалка с 780-800 °С в масле; отпуск при 180-200 °С, охл. на воздухе	—	325-370	540-590	16	40	—	146-163* <sup>1</sup> HRC, 57-63* <sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Сердцевины.

\*<sup>2</sup> Поверхности.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [84]

t <sub>отп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>10</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
400	920	980	6	67	59
500	700	780	12	74	128
600	540	640	15	79	127

П р и м е ч а н и е. Закалка с 890 °С в воде; отпуск при 400-600 °С в масле.

## Ударная вязкость

Состояние поставки	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °C				
	+20	0	-20	-40	-60
Лист после закалки с 890 °C в воде и отпуска при 650 °C	169	139	139	122	113-118
Лист после нормализации и горячей прокатки (ГОСТ 1577-81)	-	-	Св. 29	-	-

## Механические свойства в зависимости от сечения [84]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
20	390	450	8	67	103
40	300	360	12	74	108
60	210	270	16	78	122

П р и м е ч а н и е. Закалка с 890 °C в воде; отпуск при 450 °C в масле.

## Предел выносливости [162]

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа
$\sigma_B = 450$ МПа; $\sigma_{0,2} = 270$ МПа	230

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °C: начала 1260, конца 750. Сечение до 600 мм, отжиг с перекристаллизацией (или нормализация), одно переохлаждение, отпуск.

Свариваемость — сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, КТС без ограничений.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v\text{ тв.спл}} = 1,00$  и  $K_{v\text{ б.ст}} = 0,95$  в нормализованном состоянии при  $HV\ 143-187$ .

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

## Прокаливаемость [44]

Термообработка	Критическая твердость $HRC_c$	Критический диаметр после закалки в воде, мм
Закалка с 900 °C в воде	38	8

## Сталь 30Г

Заменитель — стали 35, 40Г.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 4543-71, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 1051-73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 14955-77, Лист толстый ГОСТ 1577-93, ГОСТ 19903-74. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 82-70. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 1133-71, ГОСТ 4543-71.

Назначение — улучшаемые детали, к которым предъявляются требования невысокой прочности: тяги, оси, цилиндры, диски, болты, гайки, винты и другие детали.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [162]
723	810	785	680	870

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
0,27-0,35	0,17-0,37	0,7-1,0	0,035	0,035	0,30	0,30	0,30

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
			не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 860 °С в воде; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе	25	315	540	20	45	78	-
[82]	Лента. Закалка с 810- 820 °С; отпуск при 400 °С, охл. на воздухе	3	-	1130	6-7	-	-	>37

### Механические свойства в зависимости от сечения [84]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
40	Ц	540	710	25	-	137
	К	590	740	22	65	157
80	Ц	490	650	24	-	108
	К	560	730	21	64	157
120	Ц	490	600	22	-	98
	К	540	710	21	63	147
160	Ц	490	590	23	-	88
	К	530	700	22	63	137
200	Ц	450	600	27	63	98

Примечание. Закалка с 840 °С в воде; отпуск при 550 °С.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [140]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
300	540	780	20	45	39
400	540	760	20	52	29
500	490	700	21	59	49
600	440	640	25	69	117

Примечание. Пруток сечением 70 мм. Закалка с 850 °С в масле.

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания [140]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
-20	370	710	20	32	136
20	330	630	29	46	145
100	305	590	21	41	200

Примечание. Нормализация при 900 °С, охл. на воздухе; отпуск при 680-710 °С.



## Ударная вязкость КСУ [81]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-20	-70
Нормализация при 870 °С, охл. на воздухе	98	34	16

Примечание.  $\sigma_{1/10000}^{450} = 88$  МПа;  $\sigma_{1/10000}^{550} = 36$  МПа;  $\sigma_{1/10000}^{450} = 86$  МПа;  $\sigma_{1/10000}^{550} = 22$  МПа [2].

## Предел выносливости [81, 82, 84, 140]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	$n$	Характеристики прочности
—	265	—	$5 \cdot 10^6$	$\sigma_a = 490$ МПа
—	235	—	$5 \cdot 10^6$	$\sigma_a = 580$ МПа
Закалка с 840 °С в воде; отпуск при 500–550 °С	353	216	—	$\sigma_a = 700$ МПа
Закалка с 790 °С в воде; отпуск при 600 °С	412	—	—	$\sigma_b = 820$ МПа; $\sigma_{0,2} = 650$ МПа

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С; начала 1250, конца 800. Заготовки сечением до 400 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка. КТС без ограничений.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,0$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,8$  в нормализованном состоянии при  $HV 149-197$ .

Склонность к отпускной хрупкости — склонна при 1,0 % Mn.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

## Прокаливаемость [81]

Твердость HRC <sub>2</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка с 810 °С в воде)									
1,5	3	4,5	6	9	12	15	21	30	36
54	48,5	40,5	35,5	32	30	28	25	22	20,5

## Сталь 40Г

Заменитель — стали 45, 40Х.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пружок ГОСТ 4543–71, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 10702–78. Шлифованный пружок и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77, ГОСТ 10702–78. Лист толстый ГОСТ 1577–93, ГОСТ 19903–74. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 82–70. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 1133–71.

Назначение — оси, коленчатые валы, шестерни, штоки, бандажы, детали арматуры, шатуны, звездочки, распределительные валики, головки плунжеров и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
723	785	770	680

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
не более							
0,37-0,45	0,17-0,37	0,7-1,0	0,035	0,035	0,30	0,30	0,30

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>a</sub> , не более
			не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 860 °С в воде; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе	25	350	590	17	45	59	-
[81]	Пруток. Закалка с 830-850 °С в воде; отпуск при 180-200 °С, охл. на воздухе	-	Не определяются					43-49

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Пруток сечением 35 мм. Закалка с 800 °С в воде [24]</i>					
300	860	1120	10	30	39
400	780	1010	10	43	59
500	680	880	15	54	108
600	530	740	20	63	137
700	430	630	35	70	157
<i>Пруток сечением 35 мм. Закалка с 850 °С в масле [140]</i>					
300	570	760	14	50	68
400	550	760	16	51	73
500	510	720	18	51	73
600	440	680	22	55	98
700	320	580	30	66	78
<i>Пруток сечением 70 мм. Закалка с 800 °С в воде</i>					
300	580	880	14	46	39
400	570	850	15	47	39
500	540	790	19	55	93
600	500	730	23	60	157
700	430	620	27	70	137
<i>Пруток сечением 70 мм. Закалка с 850 °С в масле</i>					
300	570	840	15	48	59
400	550	800	17	49	68
500	510	780	18	50	68
600	440	680	24	55	98
700	390	590	30	66	117

## Механические свойства в зависимости от сечения [140]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
50	Ц	570	820	20	49	88
	К	590	820	20	51	88
100	Ц	490	790	22	50	68
	К	540	810	19	53	68
200	Ц	480	760	24	50	59
	К	530	790	15	52	68

Примечание. Закалка с 840 °С в воде; отпуск при 550 °С, охл. на воздухе.

## Ударная вязкость КСУ [28]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Горячая прокатка	69	70	53	29
Отжиг	44	10	7	—
Закалка + отпуск	173	137	117	82

Примечание.  $\sigma_{1/10000}^{400} = 103$  МПа;  $\sigma_{1/10000}^{450} = 115$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{450} = 75$  МПа;  $\sigma_{1/1000}^{450} = 165$  МПа [140].

## Предел выносливости [140]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа
Закалка с 800 °С в воде; отпуск при 380 °С, 1 ч, охл. на воздухе; $\sigma_{0,2} = 1120$ МПа; $\sigma_b = 1160$ МПа	515
Закалка с 800 °С в воде; отпуск при 515 °С, 1 ч, охл. на воздухе; $\sigma_{0,2} = 790$ МПа; $\sigma_b = 890$ МПа	402
Закалка с 800 °С в воде; отпуск при 570 °С, 1 ч, охл. на воздухе; $\sigma_{0,2} = 660$ МПа; $\sigma_b = 790$ МПа	367
Закалка с 800 °С в воде; отпуск при 650 °С, 1 ч, охл. на воздухе; $\sigma_{0,2} = 630$ МПа; $\sigma_b = 710$ МПа	328

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 800. Заготовки сечением до 400 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка, КТС без ограничений.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

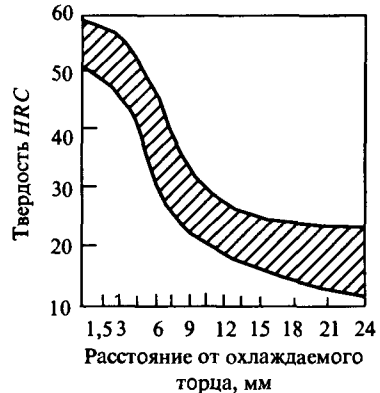
Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,95$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,70$  в нормализованном состоянии при НВ 174–207.

Флокеночувствительность — малочувствительна.

## Прокаливаемость [69, 140]

Полоса прокаливаемости стали 40Г после закалки с 840 °С приведена на рис. 12.

Рис. 12. Полоса прокаливаемости стали 40Г



### Критический диаметр $d$

Критическая твердость $HRC_s$	Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после заковки	
		в воде	в масле
43-46	50	23-27	6-14
48-53	90	15-23	4-6

### Сталь 45Г

Заменитель — стали 40Г, 50Г.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 10702-78. Калиброванный пруток ГОСТ 4543-71, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73, ГОСТ 10702-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 14955-77, ГОСТ 10702-78. Полоса ГОСТ 4543-71, ГОСТ 103-76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 4543-71, ГОСТ 1133-71.

Назначение — коленчатые валы, шатуны, оси, карданные валы, тормозные рычаги, диски трения, зубчатые колеса, шлицевые и шестеренные валы, анкерные болты.

### Температура критических точек, °C [119]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
715	735	710	635

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
0,42-0,50	0,17-0,37	0,7-1,0	0,035	0,035	0,30	0,30	0,30
					не более		

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость $HV$ , не более
			не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 850 °C в воде; отпуск при 600 °C, охл. на воздухе	25	370	620	15	40	49	-
[119]	Отжиг: нагрев до 780 °C со скоростью 340 град/ч, выдержка, охлаждение с печью со скоростью 40 град/ч	-	390	650	23	50	43	179
	Нормализация при 810 °C, охл. на воздухе	-	460	730	21	57	55	228

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta (\delta_5), \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
<i>Пруток сечением 25 мм. Закалка с 790 °С в воде [119]</i>						
375	1230	1310	9	42	14	418
450	1120	1210	11	48	39	340
525	900	1000	13	51	59	302
<i>Пруток сечением 25 мм. Закалка с 810 °С в масле [119]</i>						
375	—	1280	8	40	17	351
625	810	950	14	52	68	269
<i>Пруток сечением 35 мм. Закалка с 850 °С в масле [140]</i>						
300	600	880	(16)	50	39	—
400	580	880	(16)	50	49	—
500	580	870	(18)	51	49	—
600	500	780	(22)	57	68	—

### Механические свойства в зависимости от сечения заготовки [130]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
30	550	800	18	55	78
50	490	760	18	55	68
120	450	740	16	50	59
200	430	740	16	45	59
240	430	740	16	45	59

Примечание. Закалка с 840 °С в воде; отпуск при 570 °С, охл. на воздухе.

### Механические свойства при повышенных температурах [140]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,05}, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta_{10}, \%$	$\psi, \%$
<i>Нормализация при 830 °С (крупнозернистая структура)</i>					
200	340	370	760	10	22
300	245	285	740	20	35
400	215	265	590	20	47
500	170	220	520	37	52
<i>Отжиг (мелкозернистая структура)</i>					
200	—	570	810	15	40
300	—	460	780	25	52
400	—	375	640	25	55
500	—	255	450	45	60

### Предел выносливости [140]

$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$
375	670	418
690	770	409

### Технологические свойства [162]

Температураковки, °С: начала 1190, конца 820.

Свариваемость — трудносвариваемая. Способ сварки АДС. Рекомендуется предварительный подогрев и последующая термообработка.

Склонность к отпускной хрупкости — малосклонна [119].

## Прокаливаемость [69]

Термообработка	Количество мартенсита, %	Критическая твердость $HRC_c$	Критический диаметр, мм, после заковки	
			в воде	в масле
Закалка	50	45-49	30-50	10-25
	90	52-55	25-42	8-20

## Сталь 50Г

Заменитель — стали 40Г, 50.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 4543-71, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Лист толстый ГОСТ 1577-81, ГОСТ 19903-74. Лента ГОСТ 2283-79. Полоса ГОСТ 4543-71, ГОСТ 82-70. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 1133-71.

Назначение — диски трения, валы, шестерни, шлицевые валы, шатуны, распределительные валики, втулки подшипников, кривошипы, шпиндели, ободы маховиков, коленчатые валы дизелей и газовых двигателей и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и износостойкости.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [102]
723	760	740	680	320

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr
			не более				
0,48-0,56	0,17-0,37	0,7-1,0	0,035	0,035	0,30	0,30	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %
			не менее		
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе	25	390	650	13
ГОСТ 2283-79	Лента холоднокатаная отожженная	0,1-1,5	—	До 650	(15)
	То же, высшей категории качества	0,1-4,0	—	До 650	(18)

### Механические свойства в зависимости от сечения [140]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
30	Ц	550	800	18	55	78
	Ц	490	760	18	55	68
50	Ц	470	740	18	50	59
	Ц	450	740	16	50	59
120	1/2R	470	760	—	—	—
	К	510	800	—	—	—
	Ц	430	740	16	45	59
160	1/2R	470	760	—	—	—
	К	510	800	—	—	—
	Ц	430	740	16	45	59
240	1/2R	450	760	—	—	—
	К	490	780	—	—	—
	Ц	430	740	16	45	59

Примечание. Закалка с 840 °С в воде; отпуск при 560-580 °С, охл. на воздухе.

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [130]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_{в}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
540	740	880	17	50	98	260
580	680	810	18	52	108	235
620	600	750	22	56	118	220

Примечание. Закалка с 840 °С в воде.

## Механические свойства при повышенных температурах [140]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,05}, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_{в}, \text{МПа}$	$\delta_{10}, \%$	$\psi, \%$
<i>Нормализация при 830 °С, охл. на воздухе (крупнозернистая структура)</i>					
200	345	370	760	10	22
300	245	285	740	20	35
400	215	260	590	20	47
500	175	220	520	37	52
<i>Отжиг (мелкозернистая структура)</i>					
200	—	570	810	15	40
300	—	460	780	25	52
400	—	375	640	25	55
500	—	255	450	45	60

## Предел выносливости [82, 130]

Термообработка	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$n$
—	417	$10^5$
—	353	$5 \cdot 10^5$
Закалка с 840 °С в масле; отпуск при 600 °С; $\sigma_{в} = 660 \text{ МПа}$	333	$10^6$

## Ударная вязкость КСУ [81]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	-20	-40	-50
Закалка с 840 °С, отпуск при 560–580 °С; $\sigma_{в} = 800 \text{ МПа}$	63	47	39

## Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1250, конца 780. Заготовка сечением до 400 мм охлаждается на воздухе.

Свариваемость — трудносвариваемая. Способы сварки: РДС — необходимы подогрев и последующая термообработка. КТС без ограничений,

Обрабатываемость резанием —  $K_{у, \text{тв.спл}} = 0,90$  в закаленном и отпущенном состоянии при НВ 202 и  $\sigma_{в} = 710 \text{ МПа}$ .

Склонность к отпускной хрупкости — склонна при 1,0 % Mn.

Флокеночувствительность — чувствительна.

## Прокаливаемость [69, 81]

Полоса прокаливаемости стали 50Г после закалки с 840 °С приведена на рис. 13.

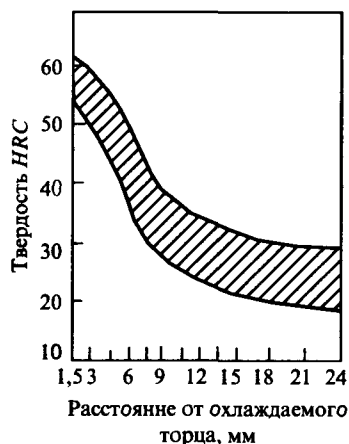


Рис. 13. Полоса прокаливаемости стали 50Г

### Критический диаметр $d$

Критическая твердость $HRC_s$	Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закали	
		в воде	в масле
48-51	50	23-33	6-12
54-57	90	25	8

### Сталь 10Г2

Заменитель — сталь 09Г2.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 4543-71, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 14955-77. Лист толстый ГОСТ 19903-74, ГОСТ 1577-93. Полоса ГОСТ 4543-71, ГОСТ 103-76. ГОСТ 82-70. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 4543-71, ГОСТ 8479-70, ГОСТ 1133-71. Трубы ГОСТ 8731-74, ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8733-74, ГОСТ 8734-75, ГОСТ 550-75, ГОСТ 21729-76.

Назначение — крепежные и другие детали, работающие при температуре от  $-70^\circ\text{C}$  под давлением.

### Температура критических точек, $^\circ\text{C}$ [84]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
720	830	710	620

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr
0,07-0,15	0,17-0,37	1,2-1,6	0,035	0,035	0,30	0,30	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$KCU_2$ Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB, не более
				МПа	МПа	%	%		
ГОСТ 4543-71	Пруток. Нормализация при $920^\circ\text{C}$	25	-	245	420	22	50	-	-
ГОСТ 3479-70	Поковка. Нормализация	До 100	215	215	430	24	53	54	123-167
		100-300							
		300-500							
ГОСТ 8731-74	Труба бесшовная горячедеформированная термообработанная	-	-	265	470	21	-	-	197
ГОСТ 8733-74	Труба бесшовная холодно- и теплодеформированная термообработанная	-	-	245	420	22	-	-	197



## Механические свойства при повышенных температурах [162]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta, \%$
20	265	460	31
400	225	390	27
500	175	295	—
600	115	160	36

Примечание. Нормализация при 900 °С, охл. на воздухе.

## Ударная вязкость КСУ [28]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-40	-70
Лист толщиной 10 мм: в состоянии поставки	86–98	70–88	41–50
отжиг при 900 °С	280	153	117
нормализация при 900 °С	364	276	185
закалка с 900 °С; отпуск при 500 °С	321	304	211

Примечание.  $\sigma_{1/10000}^{425} = 137 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/10000}^{485} = 69 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/100000}^{50} = 26 \text{ МПа}$ .

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
200	780	930	13	40	59	350
300	680	850	14	50	20	330
400	590	760	18	59	98	240
500	580	680	21	65	127	200
600	570	660	23	65	186	170

Примечание. Закалка в воде.

## Предел выносливости [84]

$\sigma_b, \text{МПа}$ , сталь после нормализации при 880 °С	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$
530	221
590	289

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 800–780. Заготовки сечением до 100 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

## Сталь 35Г2

Заменитель — сталь 40Х.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 4543–71, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 10702–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Лист толстый

ГОСТ 19903-74, ГОСТ 1577-93. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 82-70. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 4543-71, ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70.

Назначение — валы, полуоси, цапфы, рычаги сцепления, вилки, фланцы, коленчатые валы, шатуны, болты, кольца, кожухи, шестерни и другие детали, применяемые в различных отраслях машиностроения, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости.

### Температура критических точек, °С [82, 105]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
718	804	727	677	340

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Ni
0,31-0,39	0,17-0,37	1,4-1,8	0,035	0,035	0,30	0,30	0,30

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки, режим термообработки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$KCU_1$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 870 °С в масле; отпуск при 650 °С, охл. на воздухе	25	-	365	20	8	40	-	-
ГОСТ 8479-70	Поковка. Нормализация при 860 °С, охл. на воздухе	100-300	275	275	530	17	8	4	156-197*1
[82]	Нормализация при 840-870 °С, охл. на воздухе; отпуск при 600-650 °С, охл. на воздухе	100-300	-	295	580	18	43	29	183-241
[190]	Отжиг: нагрев до 775 °С со скоростью 250 град/ч, выдержка, охл. с печью со скоростью 40 град/ч	-	-	380	670	23	57	48	179

\*1 Поверхности.

### Механические свойства в зависимости от сечения [140, 190]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
50	Ц	590	70	18	57	680	220
75	Ц	540	730	18	54	59	210
	К	-	820	16	60	67	242
100	Ц	490	720	18	56	29	210
	К	660	800	16	60	41	241

Примечание. Закалка с 620 °С в воде; отпуск при 600 °С, охл. в воде.

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [144, 190]

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$	Твердость $HV$
375	—	1370	9	44	10	402
450	950	1040	12	55	29	321
525	880	980	14	60	39	286
600	670	800	18	65	88	241

Примечание. Пруток сечением 25 мм; закалка с 830 °С в масле; охл. после отпуска в масле.

## Механические свойства при повышенных температурах [82]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$
200	265	570	14
300	235	580	19
400	215	490	23

Примечание. Нормализация при 870 °С, охл. на воздухе.

## Ударная вязкость КСУ [82]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	-20	-40	-60
Закалка с 880 °С, охл. в масле, отпуск при 540 °С	49–69	39–59	24–59

Примечание.  $\sigma_{1/10000}^{450} = 116 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/10000}^{550} = 16 \text{ МПа}$  [84].

## Предел выносливости стали после закалки с 880 °С в масле и отпуска [84]

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$
600	358	850	690
650	372	710	560
690	343	720	590
720	353	630	500

## Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800.

Свариваемость — РДС, необходим подогрев и последующая термообработка, КТС, требуется последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v \text{ тв.спл}} = 0,85$  и  $K_{v \text{ б.ст}} = 0,65$  при  $HV 156-207$ .

Флокеночувствительность — чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

## Прокаливаемость [69]

Твердость $HRC_3$ , на расстоянии от торца, мм (закалка с 840 °С)									
2	5	10	15	20	25	30	35	40	45
61,5–59	46,5–57	34–52,5	28–46,5	25–42	23–39	36	35	33	32,5

## Критический диаметр $d$

Критическая твердость $HRC_3$	Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
41–43	50	43–82	20–52
47–50	90	28–60	9–34

## Сталь 40Г2

Заменитель — стали 45Г2, 60Г.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 10702-78. Калиброванный пруток ГОСТ 4543-71, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 10702-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 4543-71, ГОСТ 1133-71.

Назначение — оси, коленчатые валы, поршневые штоки, рычаги, распределительные валики, карданные валы, полуоси и другие детали.

### Температура критических точек, °С [82]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub> [105]
713	780	710	627	340

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
0,36-0,44	0,17-0,37	1,4-1,8	0,035	0,035	0,30	0,30	0,30
не более							

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
			не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 650 °С, охл. на воздухе	25	380	660	12	40	—	—
[190]	Отжиг: нагрев до 775 °С со скоростью 250 град/ч, выдержка, охл. с печью со скоростью 40 град/ч	—	380	660	23	57	48	179
[82]	Нормализация при 870-925 °С, охл. на воздухе; закалка с 800-830 °С в масле; отпуск при 425 °С	38	930	1100	10	40	—	331

### Механические свойства в зависимости от сечения [140]

Сечение, мм	Место вырезки образца	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ, %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
50	Ц	590	770	18	57	68	220
75	Ц	540	730	18	54	59	210
	К	—	820	16	60	68	242
100	Ц	490	720	18	56	29	210
	К	660	800	16	60	41	241

Примечание. Закалка с 820 °С в воде; отпуск при 600 °С, охл. в воде.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta (\delta_{10}), \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
<i>Пруток сечением 28 мм; закалка с 820 °С в масле [44]</i>						
250	1490	1760	(4)	19	10	500
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
<i>Пруток сечением 25 мм. Закалка с 830 °С в масле; охл. после отпуска в масле [119]</i>						
375	—	1390	8	44	10	402
450	950	1040	12	55	29	321
525	880	980	14	55	35	206
600	680	800	18	65	90	241

### Механические свойства в зависимости от температуры испытаний [84]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_{10}, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
-20	450	800	18	40	59
100	410	740	17	40	78

Примечание. Отжиг при 900 °С, охл. на воздухе, затем нагрев до 650 °С, охл. с печью.

### Предел выносливости [140]

Термообработка	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$
Закалка с 850 °С в воде; отпуск при 620 °С; $\sigma_b = 720 \text{ МПа}$	196

Примечание.  $\sigma_{1/10000}^{450} = 116 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/10000}^{550} = 16 \text{ МПа}$  [44].

### Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1180–1200, конца 800–850. Охлаждение сечений больше 60 мм замедленное.

Свариваемость — трудно сваривается. Способ сварки РДС, необходим подогрев и последующая термообработка,

Обрабатываемость резанием —  $K_{v \text{ тв.спл}} = 0,8$  и  $K_{v \text{ б.ст}} = 0,7$  при НВ 201.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

Флокеночувствительность — чувствительна.

### Прокаливаемость [69]

Полоса прокаливаемости стали 40Г2 приведена на рис. 14.



Рис. 14. Полоса прокаливаемости стали 40Г2

### Критический диаметр $d$

Критическая твердость $HRC_2$	Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
43-46	50	48-93	24-61
48-50	90	38-71	16-44

### Сталь 45Г2

Заменитель — сталь 50Г2.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 4543-71, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77.

Назначение — валы-шестерни, коленчатые и карданные валы, полуоси, червяки, крышки шатунов, шатуны, звенья конвейерных цепей и другие крупногабаритные средненагруженные детали.

### Температура критических точек, °С [81, 105]

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
711	765	704	626	245

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr
0,41-0,49	0,17-0,37	1,4-1,8	0,035	0,035	0,30	0,30	0,30

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость $HV$ , не более
			не менее				
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 650 °С, охл. на воздухе	25	400	680	11	40	—
[119]	Отжиг: нагрев до 780 °С со скоростью 350 град/ч, выдержка, охл. с печью со скоростью 40 град/ч	—	350	670	21	44	187
	Нормализация при 810 °С, охл. на воздухе		480	800	18	51	241

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$	Твердость $HB$
<i>Прутки сечением 25 мм; закалка с 810 °С в масле; после отпуска охл. в масле [119]</i>						
375	—	1390	7	42	10	418
450	—	1200	8	42	19	340
525	—	1040	13	47	29	302
600	810	920	15	54	49	269
<i>Прутки сечением 70 мм; закалка с 820 °С в воде [140]</i>						
300	1180	1500	6	16	29	—
400	900	1180	9	34	39	—
500	740	970	13	49	78	—
600	640	810	11	60	147	—
<i>Прутки сечением 35 мм; закалка с 850 °С в масле [140]</i>						
300	1290	1520	5	10	10	—
400	1080	1270	6	16	10	—
500	730	1030	11	39	78	—
600	670	860	18	52	166	—
<i>Прутки сечением 70 мм; закалка с 850 °С в масле [140]</i>						
300	610	1010	17	47	49	—
400	640	980	17	47	73	—
500	630	920	18	50	88	—
600	540	820	20	55	98	—

## Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
800	97	115	35	98
900	55	74	54	98
1000	35	49	59	100
1100	27	35	63	100
1200	17	26	73	100

Примечание. Образец диаметром 10 мм и длиной 50 мм, пркатанный и отожженный.

## Ударная вязкость $KCU$ [40, 81]

Термообработка	$KCU, \text{Дж/см}^2, \text{ при температуре, } ^\circ\text{C}$		
	+20	-20	-40
Нормализация при 850 °С	—	59	—
Закалка с высоким отпуском образцов:			
продольного	186	176	157
поперечного	24	29	24

## Предел выносливости

$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа} (HB)$	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$
1070	1200	598 [140]
—	1570 (HB 507)	686 [84]
550	900 (HB 248)	382 [40]

Примечание.  $\sigma_{1/100000}^{400} = 118 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/100000}^{400} = 167 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/100000}^{500} = 34 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{1/100000}^{500} = 59 \text{ МПа}$ .

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 750–800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–300 мм — в мульде.

Свариваемость — трудносвариваемая. Способы сварки: РДС — необходимы подогрев и последующая термообработка. КТС — необходима последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,80$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,55$  после нормализации при НВ 229.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

Флокеночувствительность — малочувствительна.

### Прокаливаемость [69]

Полоса прокаливаемости стали 45Г2 после закалки с 840 °С приведена на рис. 15.



Рис. 15. Полоса прокаливаемости стали 45Г2

### Критический диаметр $d$

Критическая твердость $HRC_s$	Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
44–49	50	43–85	20–55
51–55	90	23–64	6–38

### Сталь 50Г2

Заменитель — стали 45Г2, 60Г.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 4543–71, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4543–71, ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 8479–70, ГОСТ 1133–71.

Назначение — шестерни, диски трения, шестеренные валы и другие детали, работающие на истирание.

### Температура критических точек, °С [84]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
710	660	680	600



### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr
			не более				
0,46-0,55	0,17-0,37	1,4-1,8	0,035	0,035	0,30	0,30	0,30

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 840 °С в масле; отпуск при 650 °С, охл. на воздухе	25	-	420	730	11	35	-	-
ГОСТ 8479-70	Поковка. Нормализация	До 100	315	315	570	17	38	39	167-207
		100-300	-	-	-	14	35	34	-
		До 100	345	345	590	18	45	59	174-217
		100-300	-	-	-	17	40	54	-
[87]	Поковка. Нормализация	До 100	395	395	615	17	45	59	187-229
		80	-	510	810	10	40	-	241
[140]	Поковка. Нормализация при 810-830 °С, охл. на воздухе; отпуск при 400-500 °С, охл. на воздухе	300-500	-	350	680	12	30	-	241

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [140]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
400	1200	1320	5	37	68
500	980	1130	12	43	137
600	680	830	15	57	235

Пр и м е ч а н и е. Закалка с 820 °С в масле; выдержка после отпуска 30 мин, охл. в масле.

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 750-800. Заготовки сечением до 100 мм охлаждаются на воздухе; сечением 101-200 мм - в мульде; сечением 201-300 мм - в закрытой мульде.

Свариваемость - не применяется для сварных конструкций.

Флокеночувствительность - малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости - склонна.

### Сталь 47ГТ

Заменитель - сталь 40ХГРТ [50].

Вид поставки - сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 4543-71, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрян-

ка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71.

Назначение — полуоси автомобилей.

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P	Ti
			не более					
0,44-0,52	0,10-0,22	0,9-1,2	0,30	0,30	0,30	0,035	0,035	0,16-0,12

Примечание. Твердость отожженной или высокоотпущенной стали по ГОСТ 4543-71 не более HB 255.

### Механические свойства прутков при 20 °С (ГОСТ 4543-71)

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
		не менее			
Нормализация при 820-870 °С, охл. на воздухе	25	375	620	15	40
	25	390	640	12	30

### Сталь 18ХГ

Заменитель — стали 20Х, 18ХГТ, 20ХГР, 15Х, 20ХН.

Вид поставки — сортовой прокат.

Назначение — улучшаемые и цементуемые детали.

### Температура критических точек, °С

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_r3$	$A_{r1}$
765	850	800	700

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Cr	Si	Ni	Cu	S	P
						не более	
0,15-0,21	0,9-1,2	0,9-1,2	0,17-0,37	$\leq 0,30$	$\leq 0,30$	$\leq 0,035$	0,045

### Механические свойства (ГОСТ 4543-71)

Термообработка	$t$ , °С	Среда охлаждения	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
				не менее					
Нормализация	880-900	Воздух	25	900	1000	9	50	80	$\geq 321$
Закалка	800-820	Масло							
Отпуск	200	Воздух							
Цементация	950-970	Воздух	25	900	1000	9	50	80	$\geq 321^{*1}$
Закалка	820-850	Масло							$\geq 56^{*2}$
Отпуск	180-200	Воздух							

\*1 Сердцевина.

\*2 Поверхность.

### Технологические свойства

Температура ковки, °С: начала 1200, конца 800, охлаждение на воздухе.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Свариваемость — хорошо свариваемая.  
Склонность к отпускной хрупкости — малосклонна.

### Твердость полуосей автомобиля ЗИЛ-130 после поверхностной закалки [50]

Термообработка	Твердость HRC <sub>3</sub>	Глубина прокаливаемости, мм
Закалка с 900 °С, выдержка 70 с; отпуск при 250 °С, выдержка 90 мин	53–56	7–7,5

### Сталь 18ХГТ

Заменитель — стали 30ХГТ, 25ХГТ, 12ХНЗА, 12Х2Н4А, 20ХН2М, 14ХГСН2МА, 20ХГР.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение — улучшаемые или цементуемые детали ответственного назначения, от которых требуется повышенная прочность и вязкость сердцевины, а также высокая поверхностная твердость, работающие под действием ударных нагрузок.

### Температура критических точек, °С [81, 105]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
740	825	730	650	360

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Si	Mn	Cr	Ti	P	S	Cu	Ni
					не более			
0,17–0,23	0,17–0,37	0,80–1,10	1,00–1,30	0,03–0,09	0,035	0,035	0,30	0,30

### Механические свойства

Источник	Термообработка	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB сердцевины, не более
			не менее					
ГОСТ 4543–71	Нормализация при 880–950 °С; закалка с 870 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. на воздухе или в воде	Образец	880	980	9	50	78	—
ОСТ 23.4.125–77	Нормализация при 930–960 °С	—	360	64	—	—	—	HB 157–207
	Цементация при 930–950 °С; закалка с 825–840 °С в масле; отпуск при 180–200 °С	50	800	1000	9	—	—	HB 285* <sup>1</sup>

Продолжение

Источник	Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость $HV$ сердцевины, не более
			не менее					
[81]	Цементация при 920–950 °С, охл. на воздухе; закалка с 820–860 °С в масле; отпуск при 180–200 °С, охл. на воздухе	20	930	1180	10	50	78	$HV$ 341* <sup>1</sup>
		60	780	980	9	50	78	$HV$ 240–300* <sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Твердость поверхности  $HRC_3$  57–63.

### Механические свойства в зависимости от сечения [130]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость $HRC_3$
5	1320	1520	12	50	72	–
15	930	1180	13	50	78	38
20	730	980	15	55	113	30
25	690	980	19	50	93	28

Примечание. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. на воздухе.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [114]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость $HRC_3$
200	1150	1370	11	57	98	41
300	1150	1330	10	57	78	41
400	1150	1210	9	57	78	40
500	950	940	15	66	144	32
600	720	780	20	73	216	22

Примечание. Закалка с 880 °С в масле.

### Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %	$\psi$ , %
Нормализация [82]				
20	420 ( $HV$ 156)	520	(26)	77
200	360	460	(24)	78
300	310	465	(24)	68
400	800	470	(29)	75
500	300	410	(27)	76
600	240	325	(45)	86
Образец диаметром 6 мм, длиной 50 мм, кованый и нормализованный. Скорость деформирования 50 мм/мин; скорость деформации 0,03 1/с [81]				
700	205	235	46	88
800	76	135	51	94
900	54	95	65	96
1000	50	78	58	100
1100	25	43	61	100
1200	13	25	56	100

### Предел выносливости

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	$n$
Закалка с 880 °С в масле, отпуск при 500 °С	490	294	—
Цементация при 960 °С; закалка с 840 °С в масле; отпуск при 180–200 °С	637	—	10 <sup>6</sup>
Нормализация при 1100 °С, подстуживание до 870 °С, закалка в масле, отпуск при 200 °С	—	480	5 · 10 <sup>5</sup>

### Ударная вязкость КСУ [84]

КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
+20	-20	-40	-60
114	101	93	85

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Сечения до 250 мм охлаждаются на воздухе, сечения 251–350 мм — в яме.

Свариваемость — сваривается без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей). Способы сварки: РДС, КТС.

Обработываемость резанием —  $K_{ув.стл} = 1,1$  и  $K_{в.ст} = 1,0$  после нормализации при  $HV\ 156-159$  и  $\sigma_B = 530$  МПа.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — малосклонна.

### Прокаливаемость (ГОСТ 4543-71) [69]

Полоса прокаливаемости стали 18ХГТ после нормализации при 920 °С и закалки с 900 °С приведена на рис. 16.



Рис. 16. Полоса прокаливаемости стали 18ХГТ

### Критический диаметр $d$

Критическая твердость $HRC_c$	Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
32–36	50	33–82	12–52
38–43	90	23–48	6–24

### Сталь 25ГС

Заменитель — стали: 17Г1С, 17ГС, 25Г2С.

Вид поставки — поковки по ГОСТ 8479-70 и ТУ 24004823-90.

Назначение – крупные детали, изготавливаемые с применением ЭШС, цилиндры гидропрессов, валы гидротурбин и т.д.

### Химический состав (ТУ 24004823–90)

С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Прочие
					не более		
0,20	0,60	1,0	≤0,40	≤0,40	0,045	0,040	Cu ≤ 0,30
0,26	0,90	1,30					

### Механические свойства (ТУ 2400 4823–90)

Термообработка	t, °C	Среда охлаждения	Сечение, мм	σ <sub>т</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
				не менее					
Нормализация	900–930	Воздух	До 500	280	480	17	35	50	143–179
Отпуск	580–610	То же	501–800	280	480	15	30	50	143–179

### Технологические свойства

Температураковки, °C: начала 1200, конца 800.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Свариваемость – хорошо свариваемая.

### Сталь 20ХГР

Заменитель – стали 20ХН3А, 20ХН2М, 12ХН3А, 18ХГТ, 12ХН2.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение – зубчатые колеса, вал-шестерни, червяки, кулачковые муфты, валики, пальцы, втулки и другие улучшаемые или цементируемые детали, работающие в условиях ударных нагрузок.

### Температура критических точек, °C [139]

A <sub>c1</sub>	A <sub>c3</sub>	A <sub>r3</sub>	A <sub>r1</sub>
735	835	760	670

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

С	Si	Mn	Cr	В	P	S	Cu	Ni
					не более			
0,18–0,24	0,17–0,37	0,7–1,0	0,75–1,05	0,001–0,005	0,035	0,035	0,30	0,30

### Механические свойства

Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
		не менее				
Пруток. Закалка с 880 °C в масле; отпуск при 200 °C, охл. на воздухе или в масле	15	780	980	9	50	78

## Твердость после химико-термической обработки [81]

Режим химико-термической обработки	Твердость, не более
Цементация при 920–950 °С, охл. замедленное в колодцах или в цементационных ящиках; закалка с 820–840 °С в масле; отпуск при 180–200 °С, охл. на воздухе или в масле	HВ 321* <sup>1</sup> HRC <sub>3</sub> 57–63* <sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Сердцевина.

\*<sup>2</sup> Поверхность.

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [139]

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
200	1220	1490	12	55	79	45
300	1230	1420	13	45	56	44
400	1160	1250	13	57	75	41
500	850	900	16	66	146	30
600	720	790	19	73	173	24

П р и м е ч а н и е. Закалка с 880 °С в масле; после отпуска охл. в масле.

## Ударная вязкость KCU [139]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С					
	+20	0	-20	-40	-60	-80
Закалка с 860 °С в масле, отпуск при 200 °С, охл. в масле; HRC <sub>3</sub> 46	61	60	61	62	60	61
Закалка с 860 °С в масле, отпуск при 500 °С, охл. в масле; HRC <sub>3</sub> 33	125	130	110	120	117	89

## Предел выносливости [81]

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	Сечение, мм
$\sigma_{0,2} = 1080$ МПа, $\sigma_b = 1150$ МПа, HВ 340	608	304	50
$\sigma_{0,2} = 870$ МПа, $\sigma_b = 980$ МПа, HВ 300	510	304	100
$\sigma_{0,2} = 830$ МПа, $\sigma_b = 980$ МПа, HВ 286	500	304	150

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1150, конца 800. Сечения более 75 мм охлаждаются замедленно.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

## Прокаливаемость (ГОСТ 4543–71) [69]

Полоса прокаливаемости стали 20ХГР после нормализации при 900 °С и закалки с 900 °С приведена на рис. 17.



Рис. 17. Полоса прокаливаемости стали 20ХГР

### Критический диаметр $d$

Критическая твердость $HRC_3$	Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после заковки	
		в воде	в масле
33–35	50	75–97	46–64
40–42	90	38–68	16–40

### Сталь 30ХГТ

Заменитель – стали 18ХГТ, 20ХН2М, 25ХГТ, 12Х2Н4А.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73, ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковки, кованные заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70, ГОСТ 4543–71.

Назначение – улучшаемые и цементуемые детали, от которых требуется высокая прочность, вязкая сердцевина и высокая поверхностная твердость, работающие при больших скоростях и повышенных удельных давлениях под действием ударных нагрузок.

### Температура критических точек, °С [130]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
770	825	740	665

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Si	Mn	Cr	Ti	P	S	Cu	Ni
					не более			
0,24–0,32	0,17–0,37	0,80–1,10	1,00–1,30	0,03–0,09	0,30	0,035	0,035	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость, не более
			не менее					
ГОСТ 4543–71	Пруток. Нормализация при 880–950 °С; закалка с 850 °С в масле; отпуск при 200 °С в воде или масле	Образцы	1270	1470	9	40	59	–
ГОСТ 8479–70	Поковка. Закалка + отпуск	До 100	685	835	13	42	59	НВ 262–311
	Цементация при 920–950 °С; закалка с 840–860 °С в масле; отпуск при 180–200 °С, охл. на воздухе	До 60	780	1080	12	35	59	НВ 300* <sup>1</sup>
		100	730	880	12	35	59	НВ 270* <sup>1</sup>
		150	690	830	12	30	49	НВ 240* <sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Твердость сердцевины.

Твердость поверхности  $HRC_3$  57–63.



### Механические свойства в зависимости от сечения [130]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
5	1420	1620	12	50	63	—
15	1180	1420	13	50	64	45
20	930	1180	14	50	81	38
25	830	1130	17	45	83	34

Примечание. Закалка с 650 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. на воздухе.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [184]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
200	1420	1680	10	53	—	50
300	1270	1520	9	52	69	48
400	1180	1370	8	55	59	44
500	980	1080	11	59	98	38
600	760	930	19	65	147	32

Примечание. Закалка с 850 °С в масле.

### Ударная вязкость KCU [84]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Закалка с 850 °С в масле, отпуск при 200 °С, охл. на воздухе	61	57	56	54

### Предел выносливости [81]

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	Сечение, мм
$\sigma_{0,2} = 780$ МПа; $\sigma_b = 980$ МПа; HB 300	490	294	60
$\sigma_{0,2} = 730$ МПа; $\sigma_b = 920$ МПа; HB 270–300	461	274	120
$\sigma_{0,2} = 700$ МПа; $\sigma_b = 870$ МПа; HB 240–270	441	265	150

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1220, конца 800. Сечения до 200 мм охлаждаются в зольниках, более 200 мм — в печах.

Свариваемость — ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, КТС. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка.

Обработываемость резанием —  $K_{v, тв.спл} = 0,45$  и  $K_{v, б.ст} = 0,25$  после нормализации при HB 364 и  $\sigma_b = 0,25 = 860$  МПа.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

### Прокаливаемость (ГОСТ 4543–71) [69]

Полоса прокаливаемости стали 30ХГТ после нормализации при 900 °С и закалки с 880 °С приведена на рис. 18.

### Критический диаметр $d$

Количество мартенсита, %	Критическая твердость HRC <sub>3</sub>	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
50	37–41	35–75	14–46
90	42–47	12–47	4–24



Рис. 18. Полоса прокаливаемости стали 30ХГТ

### Сталь 15ХФ

Заменитель – сталь 20ХФ.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 10702–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 4543–71, ГОСТ 1133–71.

Назначение – для некрупных деталей, подвергаемых цементации и закалке с низким отпуском (зубчатые колеса, поршневые пальцы, распределительные валики, плунжеры, копиры).

#### Температура критических точек, °С [82, 105]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
741	843	788	704	435

#### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Si	Mn	Cr	V	P	S	Cu	Ni
					не более			
0,12–0,18	0,17–0,37	0,40–0,70	0,80–1,10	0,06–0,12	0,035	0,035	0,30	0,30

#### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>2</sub> поверхности, не более
			не менее					
ГОСТ 4543–71	Пруток. Закалка с 880 °С в воде или масле; закалка с 760–810 °С, охл. в воде или масле; отпуск при 180 °С, охл. на воздухе или в масле	5	540	730	13	50	78	–

Продолжение

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0.2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC, поверхности, не более
			не менее					
[140]	Пруток. Цементация при 930 °С, 12 ч; нормализация при 875 °С охл. на воздухе; закалка с 800 °С в масле; отпуск при 200 °С Пруток. Цементация при 930 °С, 12 ч; закалка с 875 °С, в масле; закалка с 840 °С в масле, отпуск при 200 °С	—	350–380	610–690	16–20	43–55	59–98	59–63
		25	720–760	960–980	9–12	50–58	78–98	59–63

Примечание.  $\sigma_{1/10000}^{500} = 78$  МПа;  $\sigma_{1/10000}^{550} = 39$  МПа [138].

**Механические свойства при повышенных температурах [84]**

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_{10}$ , %	$\psi$ , %
800	57	23	62
900	47	26	34
1000	32	43	68
1100	24	47	94
1200	19	60	99

Примечание. Образец диаметром 10 мм, длиной 100 мм; отжиг, скорость перемещения захватов испытательной машины 0,4–0,5 мм/мин.

**Технологические свойства [51]**

Температураковки, °С: начала 1250, конца 800. Поковки сечением более 60 мм охлаждаются медленно.

Свариваемость – сваривается КТС без ограничений. РДС – с подогревом и последующей термообработкой [140].

Флокеночувствительность – малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

**Прокаливаемость [140, 51]**

Твердость HRC, на расстоянии от торца, мм (закалка с 900 °С)			
3	6	9	12
37,5	28	22,5	20

**Критический диаметр  $d$**

Количество мартенсита, %	Термообработка	$d$ , мм, после закалки в масле
50	Закалка	12

## Сталь 40ХФА

Заменитель – стали 40Х, 65Г, 50ХФА, 30ХЗМФ.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70.

Назначение – в улучшенном состоянии шлицевые валы, штоки, установочные винты, траверсы, валы экскаваторов и другие детали, работающие при температуре до 400 °С; после закалки и низкого отпуска – червячные валы и другие детали повышенной износостойкости.

### Температура критических точек, °С [130]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
760	800	725	680	218

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Si	Mn	V	P	S	Cu	Ni	Cr
				не более				
0,37–0,44	0,17–0,37	0,50–0,80	0,10–0,18	0,025	0,025	0,30	0,30	0,8–1,1

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	КП	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub>	σ <sub>b</sub>	δ <sub>5</sub>	ψ	KCU <sub>1</sub>	Твердость HB, не более
				не менее					
ГОСТ 4543–71	Пруток. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 650 °С, охл. в воде или в масле	–	25	730	880	10	50	88	–
ГОСТ 8479–70	Поковка. Закалка + отпуск	395	100–300	395	615	15	40	54	187–229
			300–500	395	615	13	35	49	187–229
		540	100–300	490	655	13	40	54	212–248
			До 100	540	685	15	45	59	223–262
[82]	Пруток. Закалка с 860–880 °С в масле; отпуск при 200–230 °С, охл. в масле	–	100–300	540	685	13	40	49	223–262
			До 40	1270	1570	–	35	39	HRC <sub>c</sub> 49–53

### Механические свойства в зависимости от сечения [130]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
50	Ц	900	940	15	45	69
80	Ц	810	890	11	33	39
120	Ц	710	860	12	37	64
160	Ц	610	830	15	46	45
	1/2R	710	850	16	44	47
200	Ц	490	710	17	49	67
	1/2R	510	800	18	49	47
240	Ц	490	710	18	51	71
	1/2R	570	770	19	50	54
	К	700	830	17	49	61

Примечание. Закалка с 850 °С в воде; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе (образцы тангенциальные).

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [130]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>с</sub>
200	1490	1860	14	43	49	51
300	1450	1650	15	50	30	49
400	1270	1360	14	52	39	46
500	1100	1160	15	55	61	42
600	880	960	19	63	98	34

Примечание. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 500 °С, охл. в воде.

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
20	840	920	26	63
200	800	900	22	46
300	740	840	18	35
400	710	850	28	50
500	400	490	30	65
600	—	370	51	80

Примечание. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 640 °С.

### Сталь 40ХМФА

Вид поставки — поковки ГОСТ 8479–70 сортовой прокат: ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, полосы ГОСТ 103–76, лист ГОСТ 19903–74. Заготовка прямоугольная ГОСТ 9137–81.

Назначение — замки насосно-компрессорных труб, шлицевые валы, штоки, шатуны, крепежные детали трубопроводов, работающие при температуре до 400 °С.

### Температура критических точек, °С

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$M_n$
760	820	330

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Cr	Mo	V	Si	P	S
0,37-0,44	0,4-0,7	0,8-1,1	0,2-0,3	0,1-0,18	0,17-0,37	не более	
						0,025	0,025

### Механические свойства (ГОСТ 4543-71)

Термообработка	$\sigma_s$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 580 °С, охл. в масле	1030	930	13	50	88

Примечание. Приведены свойства для заготовок сечением 25 мм.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска и температуры испытаний [192]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температурах, °С	
					+25	-80
600	1110	1010	12	61	130	35
650	900	800	18	62	165	65
700	800	730	20	66	200	105

Примечание. Закалка с 860 °С в масле.

### Технологические свойства

Флокеночувствительность — чувствительна.

### Прокаливаемость

Критический диаметр прокаливаемости, мм: при закалке в воде — 38/18, в масле — 32/13 (в числителе — для 50 % мартенсита, в знаменателе — для 90 % мартенсита).

### Предел выносливости при $n = 10^6$ [182]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
Закалка с 880 °С в масле, отпуск при 230 °С; $\sigma_s = 1220$ МПа, НВ 387	480	—
Закалка с 880 °С в масле, отпуск при 550 °С; $\sigma_s = 990$ МПа, НВ 288	421	—
Закалка с 880 °С в масле, отпуск при 650 °С; $\sigma_s = 960$ МПа, НВ 258	372	265

### Ударная вязкость KCU

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> при температуре, °С		
	-20	-20	-70
Закалка с 850 °С, отпуск при 600 °С	92	61	55

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 860-800. Сечения до 200 мм охлаждаются в мульдe, сечения 201-300 мм — с печью.

Свариваемость — трудносвариваемая. Способы сварки: РДС — необходимы подогрев и последующая термообработка. КТС — необходима последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v\text{ тв.спл}} = 0,75$  и  $K_{v\text{ б.ст}} = 0,65$  после закалки и отпуска при  $HB \leq 241$ .

Флокеночувствительность — чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

### Прокаливаемость (ГОСТ 4543–71)

Полоса прокаливаемости стали 40ХФА приведена на рис. 19.

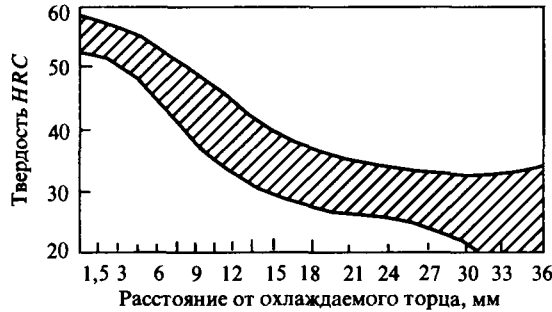


Рис. 19. Полоса прокаливаемости стали 40ХФА

### Сталь 33ХС

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 1051–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 4543–71.

Назначение — улучшаемые детали пружинного типа сравнительно небольших сечений, от которых требуется высокая прочность, износостойкость и упругость.

#### Температура критических точек, °С [82]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r1}$
755	830	715

#### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
				не более			
0,29–0,37	1,00–1,40	0,30–0,60	1,30–1,60	0,035	0,035	0,30	0,30

## Механические свойства (ГОСТ 4543-71), [82]

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
		не менее					
Закалка с 920 °С в масле или воде; отпуск при 630 °С, охл. в воде или масле	25	690	880	13	50	78	—
Закалка с 920-940 °С в масле; отпуск при 250-270 °С, охл. на воздухе	40	—	1670	8	45	49	444-514
Нормализация при 920 °С, охл. на воздухе; отпуск при 650-670 °С, охл. на воздухе	240	295	590	17	40	29	179

## Механические свойства в зависимости от сечения [130]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
<i>Пруток. Закалка с 910 °С в масле; отпуск при 600-620 °С, охл. в воде</i>						
30	780	940	12	50	59	285
50	670	860	12	50	59	255
<i>Пруток. Закалка с 910 °С в воде; отпуск при 600-620 °С, охл. в воде</i>						
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	—
240	390	670	16	50	59	—

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [130]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
200	1610	1750	10	48	88	510
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

П р и м е ч а н и е. Закалка с 900 °С в масле; отпуск при 200-400 °С, 2 ч, охл. на воздухе; закалка с 900 °С в масле; отпуск при 520-600 °С, 2 ч, охл. в воде.

## Предел выносливости [162]

Прочностные характеристики	$\sigma_{-1}$ , МПа
$\sigma_{0,2} = 690$ МПа, $\sigma_b = 880$ МПа	363

## Ударная вязкость КСУ [84]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-50
Нормализация при 920 °С; отпуск при 650 °С; закалка с 910 °С в масле; отпуск при 610 °С в воде	59	44	35	29

## Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850.

Свариваемость — трудно сваривается. РДС — необходим подогрев и последующая термообработка, КТС — требуется последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, тв.спл} = 0,7$  и  $K_{v, б.ст} = 0,4$  при НВ 229-269.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.



## Прокаливаемость [51, 84]

Твердость $HRC_s$ на расстоянии от торца, мм (закалка 840 °С)									
1,6	3	6	9	12	18	24	30	36	42
54	54	52,5	49,5	47,5	37,5	30	25,5	23	22,5

## Критический диаметр $d$ после закалки в различных средах

Термообработка	$d$ , мм, после закалки	
	в воде	в масле
Закалка	50	30

## Сталь 25ХГТ

Заменитель — стали 18ХГТ, 30ХГТ, 25ХГМ.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 1051-73, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71.

Назначение — нагруженные зубчатые колеса и другие детали, твердость которых более  $HRC_s$  59.

## Химический состав, % (ГОСТ 4643-71)

С	Si	Mn	Cr	Ti	P	S	Cu	Ni
					Не более			
0,22-0,29	0,17-0,37	0,80-1,10	1,00-1,30	0,03-0,09	0,035	0,035	0,30	0,30

## Механические свойства

Источник	Состояние поставки	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$KCU_1$	Твердость поверхности
		МПа	МПа	%	%		
		не менее					$HRC_s$ , не более
ГОСТ 4543-71	Пруток. Нормализация при 880-950 °С, охл. на воздухе; закалка с 850 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. в воде, масле или на воздухе	980	1270	10	50	69	-
[82] (образцы)	Пруток. Цементация при 920-950 °С, охл. на воздухе; закалка с 840-860 °С в масле; отпуск при 190-210 °С, охл. на воздухе	1100	1500	9	-	60	57-63

## Технологические свойства [50]

Температураковки, °С: начала 1220, конца 800.

Свариваемость — РДС, КТС, требуется последующая термообработка.

Флокеночувствительность — чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна [82].

## Сталь 38ХС

Заменитель – сталь 40ХС.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 4543–71, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70.

Назначение – валы, шестерни, муфты, пальцы и другие улучшаемые детали небольших размеров, к которым предъявляются требования высокой прочности, упругости и износостойкости.

### Температура критических точек, °С [8, 105]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
763	810	755	680	330

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

С	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni
				не более			
0,34–0,42	1,00–1,40	0,30–0,60	1,30–1,60	0,035	0,035	0,30	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Термообработка	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543–71	Закалка с 900 °С в воде или масле; отпуск при 630 °С, охл. в воде или масле	25	–	730	930	12	50	69	–
ГОСТ 8479–70	Поковка. Закалка + отпуск	До 100	540	540	685	15	45	59	223–262
			590	590	735	14	45	59	235–277

### Механические свойства в зависимости от сечения [130]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 900 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. в воде</i>						
30	Ц	770	960	15	59	96
50	Ц	810	1000	16	56	84
80	Ц	720	920	17	53	66
120	К	680	910	16	57	67
	Ц	500	840	22	60	78
<i>Закалка с 900 °С, через воду в масле; отпуск при 600 °С, охл. в воде</i>						
50	Ц	870	1030	18	58	141
80	Ц	790	980	16	56	106
120	К	720	950	17	60	76
	Ц	620	890	20	58	63

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [88]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
200	1670	1960	10	40	59	570
300	1580	1760	10	42	49	540
400	1370	1570	10	45	59	450
500	1080	1270	12	50	69	380
600	880	980	16	55	78	320

Примечание. Пруток диаметром 20–70 мм. Закалка с 900 °С в масле; выдержка после отпуска 2 ч, охл. на воздухе.

## Ударная вязкость KCU [130]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-50
Закалка с 900 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе	87	64	56	54

## Предел выносливости [162]

$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{-1}$ , МПа
730	930	362

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Сечения до 250 мм охлаждаются на воздухе, сечения 251–350 мм – в яме.

Свариваемость – трудносвариваемая. Способы сварки: РДС – необходимы подогрев и последующая термообработка. КТС – необходима последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, тв.спл} = 0,72$  и  $K_{v, б.ст} = 0,8$  при  $\sigma_b = 780–880$  МПа, HB 250–300 [100].

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

## Прокаливаемость (ГОСТ 4543–71)

Полоса прокаливаемости стали 38ХС после нормализации при 900 °С и закалки с 800 °С приведена на рис. 20.

Рис. 20. Полоса прокаливаемости стали 38ХС



## Сталь 40ХС

Заменитель – стали 38ХС, 35ХГТ.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный прутки ГОСТ 4543–71,

ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71.

Назначение – валы, шестерни, муфты, пальцы и другие улучшаемые детали небольших размеров, к которым предъявляются требования высокой прочности, упругости, износостойкости.

### Температура критических точек, °С [8, 105]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
763	810	735	680	320

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
				не более			
0,37-0,45	1,20-1,60	0,30-0,60	1,30-1,60	0,035	0,035	0,30	0,30

### Механические свойства прутка

Источник	Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость, не более
			не менее					
ГОСТ 4543-71	Закалка с 900 °С в воде или масле; отпуск при 540 °С, охл. в воде или масле	25	1080	1220	12	40	34	–
		25	1080	1220	12	40	49	–
[199]	Изотермическая закалка с 900-910 °С в селитре при 330-350 °С, затем охл. на воздухе	40	–	1670	8	40	39	HRC, 46-51
[88]	Закалка с 870-890 °С в воде или масле; отпуск при 600-650 °С, охл. в воде или масле	110	640	830	15	50	88	HV 241-285

### Механические свойства в зависимости от сечения [88]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HV
20	800	960	19	62	122	270
40	730	930	19	59	108	265
60	700	870	19	54	88	250
80	670	850	19	52	78	230

Примечание. Пруток. Закалка с 900 °С в масле; отпуск при 640 °С в воде.

### Механические свойства в зависимости от сечения [88]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HV
200	1670	1960	10	40	59	575
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

Примечание. Пруток. Закалка с 900 °С в масле; отпуск при 640 °С в воде.

## Ударная вязкость КСУ [84]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-20	-40
Отжиг при 880 °С; закалка с 900 °С в масле; отпуск при 640 °С	78	55	51

## Технологические свойства [88]

Температураковки, °С: начала 1150, конца 850. Сечения более 75 мм охлаждаются замедленно.

Свариваемость — трудносвариваемая.

Флокеночувствительность — чувствительна [84].

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

## Сталь 20ХГСА

Заменитель — сталь 30ХГСА.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 10702-78. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 10702-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 1133-71, ГОСТ 4543-71.

Назначение — ходовые винты, оси, валы, червяки и другие детали, работающие в условиях износа и при знакопеременных нагрузках при температурах до 200 °С.

## Температура критических точек, °С [140]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
755	840	690

## Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni
				не более			
0,17-0,23	0,90-1,20	0,80-1,10	0,80-1,10	0,025	0,025	0,30	0,30

## Механические свойства

Термообработка	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
		не менее				
Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 500 °С, охл. в воде или масле	15	640	780	12	45	69

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [89]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$	Твердость НВ
200	1520	9	49	59	420
300	1470	9	62	59	400
400	1340	8	50	49	360
500	1080	10	50	78	325
600	880	17	52	98	255

Примечание. Образцы. Закалка с 900 °С, выдержка после отпуска 80 мин, охл. на воздухе.

## Ударная вязкость KCU [50]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-50
Нормализация при 880 °С, охл. на воздухе; отпуск при 650 °С; закалка с 880 °С в масле; отпуск при 580–600 °С	80	68	64	51

## Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800.

Свариваемость – без ограничений РДС, КТС, АрДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС – требуется последующая термообработка.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,7$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,60$  при НВ 140–207.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

## Сталь 25ХГСА

Заменитель – сталь 20ХГСА.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист тонкий ГОСТ 11268–76. Лист толстый ГОСТ 11269–76. Полоса ГОСТ 103–76.

Назначение – ответственные сварные и штампованные детали, применяемые в улучшенном состоянии: ходовые винты, оси, валы, червяки, шатуны, коленчатые валы, штоки и другие детали.

## Температура критических точек, °С [130]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r1}$
755	840	690

## Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni
				не более			
0,22–0,28	0,90–1,20	0,80–1,10	0,80–1,10	0,025	0,025	0,30	0,30

## Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>
			не менее				
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 480 °С, охл. в воде или масле	15	830	1080	10	40	59
ГОСТ 11269-76	Лист 4, 5-й категорий. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 470-550 °С, охл. в воде или в масле	Образ- цы	-	1030	10	-	49

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [130]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
300	1320	1510	12	57	69	44
400	1200	1270	12	59	69	42
500	980	1030	17	60	127	35
600	730	830	20	67	196	25

П р и м е ч а н и е. Пруток сечением 20-70 мм. Закалка с 890 °С в масле.

### Механические свойства в зависимости от сечения [130]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 890 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. в воде</i>						
30	Ц	520	690	25	67	183
80	Ц	400	630	24	67	186
200	Ц	390	610	30	67	182
	К	450	700	28	67	171
<i>Закалка с 890 °С, через воду в масле; отпуск при 600 °С, охл. в воде</i>						
50	Ц	560	720	26	69	207
120	Ц	440	660	26	67	225
	К	550	720	21	67	198
160	Ц	410	640	28	68	189
	К	520	710	24	67	211
200	Ц	390	630	29	66	183
	К	510	710	25	63	154

### Кратковременная теплопрочность [130]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
300	650	780	19	58
400	580	680	22	69
500	450	490	30	83
600	265	295	48	88

П р и м е ч а н и е. Закалка с 890 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе.

### Предел выносливости при $n = 10^7$ [138]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
Закалка; отпуск при 200 °С	534	1590
Закалка; отпуск при 400 °С	509	1430
Закалка; отпуск при 600 °С	402	870

## Ударная вязкость КСУ [130]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Закалка с 890 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе	183	160	132	78

## Технологические свойства [138]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 850.

Свариваемость – сваривается без ограничений.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,72$  и  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,8$  после закалки и отпуска  $\sigma_b = 780\text{--}900$  МПа,  $HB\ 228\text{--}262$  [100].

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

Флокеночувствительность – чувствительна.

## Прокаливаемость [140]

Твердость HRC <sub>3</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка с 870 °С)									
1,5	3,0	6,0	9,0	12,0	18,0	24,0	30,0	36,0	42
52,0	52,0	50,5	49,0	44,5	40,5	38,5	36,5	35,5	35

## Сталь 30ХГС

Заменитель – стали 40ХФА, 35ХМ, 40ХН, 35ХГСА.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Лист ГОСТ 1542–71. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 8479–70, ГОСТ 1133–71. Труба ГОСТ 1542–71, ОСТ 14-21–77.

Назначение – различные улучшаемые детали: валы, оси, зубчатые колеса, тормозные ленты моторов, фланцы, корпуса обшивки, лопатки компрессорных машин, рычаги, толкатели, ответственные сварные конструкции, работающие при знакопеременных нагрузках, крепежные детали.

## Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
760	830	705	670	352

## Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
				не более			
0,28–0,35	0,90–1,20	0,80–1,10	0,80–1,10	0,035	0,035	0,30	0,30



### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$KCU$	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 540 °С, охл. в воде или масле	26	-	830	1080	10	45	44	-
ГОСТ 8479-70	Поковка. Нормализация	До 100	395	395	615	17	45	59	187-229
[81]	Пруток. Закалка с 860-880 °С в масле; отпуск при 200-250 °С, охл. на воздухе	30	-	1270	1470	7	40	-	HRC <sub>3</sub> 43-51
	Пруток. Закалка с 860-880 °С в масле; отпуск при 540-560 °С, охл. в воде или масле	60	-	690	880	9	45	59	Св. 225

### Механические свойства в зависимости от сечения [88]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
40	820	930	12	51	69	275
80	730	860	14	50	78	250
120	670	820	14	50	78	235
160	580	750	14	50	78	210
180	510	710	13	45	49	200

Примечание. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. в воде.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [2]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>
200	1570	1700	11	44	88
300	1520	1630	11	54	69
400	1320	1420	12	56	49
500	1140	1220	15	56	78
600	940	1040	19	62	137

Примечание. Пруток диаметром 20-70 мм. Закалка с 880 °С в масле.

### Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 560 °С, охл. на воздухе [84]</i>					
20	950	1050	13	56	63
250	840	1000	13	48	126
300	820	950	11	60	124
400	780	900	16	69	94
500	650	690	21	84	72
<i>Образец диаметром 5 мм, длиной 25 мм. Прокатанный.</i>					
<i>Скорость деформирования 2 мм/мин, скорость деформации 0,0013 1/с [81]</i>					
700	-	175	69	61	-
800	-	85	62	75	-
900	-	53	84	Св. 90	-
1000	-	37	71	Св. 90	-
1100	-	21	69	Св. 90	-
1200	-	10	85	Св. 90	-

### Предел выносливости [84]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	$n$
Закалка с 870 °С; отпуск при 200 °С	696	—	—
Закалка с 870 °С; отпуск при 400 °С	637	—	—
Закалка с 870 °С; отпуск при 600 °С	470	—	—
Закалка с 870–890 °С в масле; отпуск при 200 °С, $\sigma_a = 1660$ МПа	490	1666	$10^7$
Закалка с 870–890 °С в масле; отпуск при 600 °С, $\sigma_a = 880$ МПа	372	882	$10^7$

Примечание.  $\sigma_{1/1000}^{400} = 159$  МПа;  $\sigma_{200}^{400} = 588$  МПа;  $\sigma_{1/1000}^{450} = 111$  МПа;  $\sigma_{200}^{450} = 451$  МПа;  $\sigma_{1/1000}^{500} = 54$  МПа;  $\sigma_{200}^{500} = 255$  МПа;  $\sigma_{1/1000}^{550} = 22$  МПа;  $\sigma_{200}^{550} = 118$  МПа [89].

### Ударная вязкость КСУ [81]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	-20	-40	-60	-80
Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 580–600 °С, $\sigma_a = 1000$ МПа	69	55	41	34	23

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1240, конца 800. Сечения до 50 мм охлаждаются в штабелях на воздухе, сечения 51–100 мм – в ящиках.

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, АрДС, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка, КТС без ограничений.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,85$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,75$  в горячекатаном состоянии при  $HV_{207-217}$  и  $\sigma_b = 710$  МПа.

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

### Прокаливаемость (ГОСТ 4543–71) [69]

Твердость HRC <sub>a</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка с 800 °С)									
1,5	3,0	6,0	9,0	12,0	18,0	24,0	30,0	36,0	42
50,5–55	49–54	47,5–53	46–52,5	41,5–52	38–51	36,5–48,5	35,5–46,5	33–44,5	30–43

### Критический диаметр $d$ при закалке в различных средах

Количество мартенсита, %	Критическая твердость HRC <sub>a</sub>	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
50	37–42	60–91	34–60
90	43–48	40–68	18–40

Примечание. Закалка с 800 °С в масле.

## Сталь 30ХГСА

Заменитель – стали 40ХФА, 35ХМ, 40ХН, 25ХГСА, 35ХГСА.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 10702–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 11269–76. Лист тонкий ГОСТ 11268–76. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 8479–70, ГОСТ 1133–71. Трубы ГОСТ 8731–74, ГОСТ 8732–78, ГОСТ 8733–74, ГОСТ 8734–75, ГОСТ 21729–76, ГОСТ 13663–86, ГОСТ 9567–75.

Назначение – различные улучшаемые детали: валы, оси, зубчатые колеса, фланцы, корпуса обшивки, лопатки компрессорных машин, работающие при температуре до 200 °С, рычаги, толкатели, ответственные сварные конструкции, работающие при знакопеременных нагрузках, крепежные детали, работающие при низких температурах.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
760	830	705	670	352

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
				не более			
0,28–0,34	0,90–1,20	0,80–1,10	0,80–1,10	0,025	0,025	0,30	0,30

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$KCU$	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543–71	Пруток. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 540 °С, охл. в воде или масле	25	–	830	1080	10	45	49	–
ГОСТ 8479–70	Поковка. Закалка + отпуск	До 100	490	490	655	16	45	59	212–248
		100–300	490	490	655	13	40	54	212–248
		До 100	540	540	685	15	45	59	223–262
		До 100	590	590	735	14	45	59	235–277
		100–300	590	590	735	13	40	49	235–277
		До 100	640	640	785	13	42	59	248–293
[81]	Пруток. Закалка с 860–880 °С в масле; отпуск при 200–250 °С, охл. на воздухе	До 100	675	675	835	13	42	59	262–311
		30	–	1270	1470	7	40	–	HRC <sub>3</sub> 43–51
[81]	Пруток. Закалка с 860–880 °С в масле; отпуск при 540–560 °С, охл. в воде или масле	60	–	690	880	9	45	59	225

### Механические свойства в зависимости от сечения [130]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
30	880	1000	12	50	69
60	760	880	12	50	69
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

Примечание. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. в воде.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [2]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
200	1570	1700	11	44	88	487
300	1520	1630	11	54	69	470
400	1320	1420	12	56	49	412
500	1140	1220	15	56	78	362
600	940	1040	19	62	137	300

Примечание. Диаметр 20–70 мм. Закалка с 880 °С в масле; после отпуска охл. в воде.

### Механические свойства при повышенных температурах [138]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Прутки. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 560 °С</i>					
300	820	980	11	50	127
400	780	900	16	69	98
500	640	690	21	84	78
550	490	540	27	84	64
<i>Образец диаметром 5 мм, длиной 25 мм, прокатанный.</i>					
<i>Скорость деформирования 2 мм/мин; скорость деформации 0,0013 1/с [81]</i>					
700	—	175	59	51	—
800	—	85	62	75	—
900	—	53	84	90	—
1000	—	37	71	90	—
1100	—	21	59	90	—
1200	—	10	85	90	—

### Предел выносливости [84, 127]

Прочностные характеристики	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	$n$
$\sigma_b = 1670$ МПа	490	1666	$10^7$
$\sigma_b = 880$ МПа	372	882	$10^7$
$\sigma_b = 1080$ МПа	470	—	$10^6$
Закалка с 870 °С; отпуск при 200 °С	696	—	—
Закалка с 870 °С; отпуск при 400 °С	637	—	—

Примечание.  $\sigma_{1/100}^{400} = 160$  МПа;  $\sigma_{200}^{400} = 588$  МПа;  $\sigma_{1/100}^{500} = 54$  МПа;  $\sigma_{200}^{450} = 451$  МПа;  $\sigma_{1/200}^{400} = 176$  МПа;  $\sigma_{200}^{500} = 255$  МПа;  $\sigma_{1/200}^{550} = 59$  МПа;  $\sigma_{1/200}^{590} = 118$  МПа [138].

## Ударная вязкость КСУ [28]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	-20	-40	-60	-80
Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 580–600 °С, $\sigma_b = 1000$ МПа	69	55	41	35	23

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1240, конца 800. Сечения до 50 мм охлаждаются на воздухе, сечения 51–100 мм – в ящиках.

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, АрДС, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка. КТС без ограничений.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{ТВ.стл}} = 0,75$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,85$  в горячекатаном состоянии при  $HV 207-217$  и  $\sigma_b = 710$  МПа.

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

## Прокаливаемость (ГОСТ 4543–71)

Полоса прокаливаемости для стали 30ХГСА после нормализации при 900 °С и закалки с 800 °С приведена на рис. 21.



Рис. 21. Полоса прокаливаемости стали 30ХГСА

## Критический диаметр $d$ после закалки в различных средах

Количество мартенсита, %	Критическая твердость $HRC_s$	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
50	38–43	60–91	34–60
90	43–48	40–68	18–40

## Сталь 35ХГСА

Заменитель — стали 30ХГС, 30ХГСА, 30ХГТ, 35ХМ.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 10702-78. Калиброванный пруток ГОСТ 4543-71, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 10702-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70.

Назначение — фланцы, кулачки, пальцы, валики, рычаги, оси, детали сварных конструкций и другие улучшаемые детали сложной конфигурации, работающие в условиях знакопеременных нагрузок.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	M <sub>n</sub>
760	830	705	670

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
0,32-0,39	1,10-1,40	0,80-1,10	1,10-1,40	не более			
				0,025	0,025	0,30	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более	
				не менее						
ГОСТ 4543-71	Пруток. Изотермическая закалка при 880 °С в смеси калиевой и натриевой селитры, имеющей температуру 280-310 °С, охл. на воздухе	30	-	1270	1620	9	40	39	-	
ГОСТ 8479-70				Поковка. Закалка + отпуск	100-300	490	490	660	13	40
				540	540	690	13	40	49	223-262
		До 100		590	590	730	14	45	59	235-277
				640	640	780	13	42	59	248-293

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

t <sub>отп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>2</sub>
<i>Закалка с 880 °С в масле [125]</i>						
200	1570	1910	12	48	49	52
300	1550	1760	12	50	59	50
400	1420	1620	12	51	44	47
500	1180	1300	14	52	44	42
<i>Изотермическая закалка с 880 °С, селитра 300 °С [3]</i>						
Без отп.	1460	1670	12	52	70	60
300	1450	1670	12	55	71	50
400	1410	1570	14	54	53	48
500	1220	1330	14	53	39	43

## Механические свойства в зависимости от сечения заготовки [51]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость <i>HV</i>
<i>Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 500 °С, охл. в воде</i>					
20	1000	1110	12	54	322
40	940	1080	11	50	310
60	860	960	11	46	270
<i>Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. в воде</i>					
40	810	970	14	58	280
60	780	880	13	58	250

## Механические свойства при повышенных температурах [125]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость <i>HRC<sub>3</sub></i>
20	1200	1300	11	52	42
250	—	1260	12	57	—
400	—	1000	14	72	—
500	—	540	31	70	—

П р и м е ч а н и е. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 500 °С.

## Ударная вязкость КСУ [125]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
	-40	-60
Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. на воздухе	49	39
Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 300 °С, охл. на воздухе	49	39
Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 400 °С, охл. на воздухе	39	29
Изотермическая закалка с 880 °С, селитра 300 °С; отпуск при 300 °С, 1 ч, охл. на воздухе	62	53
Изотермическая закалка с 880 °С, селитра 300 °С; отпуск при 400 °С, 1 ч, охл. на воздухе	48	37

## Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1250, конца 860–880. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–200 мм – в мульдe, сечения 201–300 мм – с печью.

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, АрДС. Рекомендуется подогрев и требуется последующая термообработка, КТС – без ограничений.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, TB, CII}$  = 0,85 и  $K_{v, 6, CT}$  = 0,75 в горячекатаном состоянии при *HV* 207–217 и  $\sigma_B$  = 710 МПа.

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

## Прокаливаемость [125, 140]

Твердость <i>HRC<sub>3</sub></i> , на расстоянии от торца, мм									
1,5	3,0	4,5	6,0	9,0	12	16,0	18,0	24	30
50,5–50	49–54	47,5–53	46–52,5	41,5–52	38–51	36,5–48,5	35–46,5	30–43	26–40,5

## Критический диаметр $d$ после закалки в различных средах

Критическая твёрдость $HRC_3$	$d$ , мм, после закалки	
	в воде	в масле
47	60	40
51	60	20

### Сталь 30ХМ (30ХМА)

Заменитель – стали 35ХМ, 35ХРА.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 10702–78, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70. Труба ГОСТ 8731–74, ГОСТ 8732–78.

Назначение – шестерни, валы, цапфы, шпильки, гайки и различные другие детали, работающие при температуре до 450–500 °С.

#### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
757	807	763	693

#### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

С	Si	Mn	Cr	Mo	P	S	Cu	Ni
					не более			
0,26–0,33	0,17–0,37	0,40–0,70	0,80–1,10	0,15–0,25	0,035 0,025 <sup>*1</sup>	0,035 0,025 <sup>*1</sup>	0,30	0,30

<sup>\*1</sup> Для стали 30ХМА.

#### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твёрдость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543–71	Пруток. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 540 °С, охл. в воде или масле	15	–	735 <sup>*1</sup>	930 <sup>*1</sup>	11 <sup>*1</sup>	45 <sup>*1</sup>	78 <sup>*1</sup>	–
				735 <sup>*2</sup>	930 <sup>*2</sup>	12 <sup>*2</sup>	55 <sup>*2</sup>	78 <sup>*2</sup>	–
ГОСТ 8479–70	Поковка. Закал- ка + отпуск	До 100	395	395	615	17	45	49	187–229
		100–300	440	440	635	16	45	59	197–235
		До 100	490	490	655	16	45	59	212–248

<sup>\*1</sup> Свойства для стали 30ХМ.

<sup>\*2</sup> Свойства для стали 30ХМА.



### Механические свойства в зависимости от сечения [84]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
<i>Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 500 °С</i>							
40	Ц	650	820	17	71	147	27
60	Ц	630	800	17	69	157	27
80	1/2R	660	790	17	67	137	25
100	1/2R	610	780	18	64	147	25
120	1/3R	620	750	19	63	137	—
<i>Закалка с 880 °С в воде; отпуск при 500 °С</i>							
40	Ц	790	930	13	61	118	30
60	Ц	740	870	16	64	127	31
80	1/2R	760	890	14	64	108	30
100	1/2R	700	830	17	65	137	27
120	1/3R	690	840	18	63	118	25

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
200	1320	1520	12	50	69	49
300	1330	1450	11	51	49	45
400	1220	1370	12	55	69	42
500	1080	1130	16	60	127	36

П р и м е ч а н и е. Закалка с 880 °С в масле.

### Механические свойства при повышенных температурах [84]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 650 °С</i>					
260	590	730	20	70	186
200	490	660	21	70	—
300	520	710	21	69	206
400	480	630	22	75	199
500	430	500	22	80	142
600	340	330	29	89	142
<i>Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм, прессованный.</i>					
<i>Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с</i>					
800	80	130	69	67	—
1000	41	56	64	100	—
1200	14	26	55	100	—

### Предел выносливости

Прочностные характеристики и термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
$\sigma_{0,2} = 710$ МПа, $\sigma_b = 820$ МПа. Закалка с 870 °С в воде; отпуск при 600 °С [37]	407	10'
$\sigma_{0,2} = 710$ МПа, $\sigma_b = 850$ МПа, НВ 260. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 560 °С [24]	366	—
$\sigma_{0,2} = 530$ МПа, $\sigma_b = 730$ МПа, НВ 212. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 650 °С [24]	304	—

### Ударная вязкость KCU [84]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	-20	-40	-60
Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 350 °С. Закалка с 880 °С; отпуск при 550 °С	147	42	108

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [86]

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Предел длительной прочности, МПа	$t$ , °С	Длительность, ч	$t$ , °С
137	1/10000	500	186	10000	500
69	1/100000	500	127	100000	500
59	1/10000	550	108	10000	550
34	1/100000	550	69	100000	550

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1260, конца 760–800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–300 мм – в мульде.

Свариваемость – ограниченно свариваемые. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,7$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,3$  МПа после закалки и отпуска при  $HB\ 229-269$  и  $\sigma_B = 930$  МПа.

Флокеночувствительность – малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

## Прокаливаемость (ГОСТ 4543–71) [69]

Полоса прокаливаемости для стали 30ХМА после нормализации при 880 °С и закалки с 880 °С приведена на рис. 22.

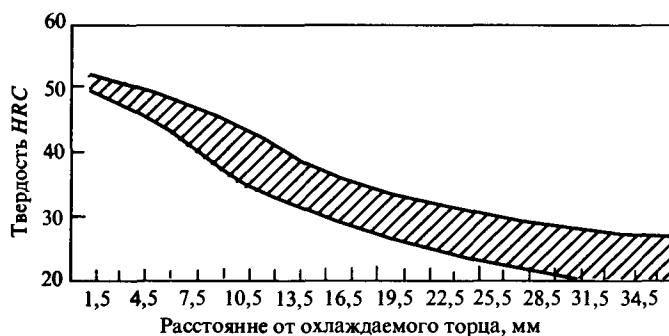


Рис. 22. Полоса прокаливаемости стали 30ХМА

## Сталь 35ХМ

Заменитель – стали 40Х, 40ХН, 30ХМ, 35ХГСА.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70.

Назначение – валы, шестерни, шпиндели, шпильки, фланцы, диски, крышки, штоки и другие ответственные детали, работающие в условиях больших нагрузок и скоростей при температуре до 450–500 °С.

### Температура критических точек, °С [82, 105]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
755	800	750	700	350

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Cr	Mo	P	S	Cu	Ni
не более								
0,32-0,40	0,17-0,37	0,40-0,70	0,80-1,10	0,15-0,25	0,035	0,035	0,30	0,30

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$KCU_{1,2}$	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 560 °С, охл. в воде или масле	25	-	835	930	12	45	78	-
ГОСТ 8479-70	Поковка. Нормализация	300-500	245	245	470	17	35	34	143-179
		500-800		245	470	15	30	34	143-179
		100-300	275	275	530	17	38	34	156-197
ГОСТ 8479-70	Поковка. Нормализация	300-500		275	530	15	32	29	156-197
		До 100	315	315	570	17	38	39	167-207
	До 100		315	570	14	35	34	167-207	
			345	345	590	18	45	59	174-217
	Поковка. Закалка + отпуск	500-800	345	345	590	12	33	39	174-217
		100-300	395	395	615	15	40	54	187-229
		300-500		395	615	13	35	49	187-229
		500-800		395	615	11	30	39	187-229
		До 100	440	440	635	16	45	59	197-235
		100-300		440	635	14	40	54	197-235
До 100		440	635	13	35	49	197-235		
		490	490	655	16	45	59	212-248	
	100-300		490	655	13	40	54	212-248	
	До 100	590	590	735	14	45	59	235-277	
[22]	Закалка с 850-870 °С в масле; отпуск при 180-200 °С, охл. на воздухе	До 40	-	1370	1570	12	38	-	HRC <sub>5</sub> (49-53)
Закалка с 850-870 °С в масле; отпуск при 560-620 °С, охл. на воздухе	50-80	-	640	810	-	40	59	260-322	
	80-120	-	590	780	-	40	59	229-285	

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [150]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
300	1390	1570	9	44	49	450
400	1310	1410	10	50	59	400
500	1080	1200	15	54	88	350
600	840	930	19	63	147	270
700	660	730	20	70	196	220

Примечание. Закалка с 880 °С в масле.

## Механические свойства при повышенных температурах [29]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
<i>Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 650 °С [82]</i>					
20	770	880	22	66	189
400	570	730	23	71	167
450	550	670	23	78	134
500	490	650	22	86	123
<i>Диск диаметром 755–915 мм, толщиной 35–110 мм; втулка диаметром 115–400 мм, НВ 212–223 [29]</i>					
<i>Образец тангенциальный</i>					
20	420–510	610–710	17	54–61	49–98
400	390	550	17	64	78
500	355	440	18	74	59
550	335	400	18	75	56
<i>Образец продольный</i>					
20	430–480	580–690	7	16–23	20
500	365	430	7	13–30	20
<i>Прутки. Нормализация при 880 °С; отпуск при 650 °С, 2 ч, НВ 207</i>					
20	525	700	22	69	159
400	420	650	26	75	149
450	400	540	24	80	136
600	385	470	25	84	121
<i>Прутки. Отжиг при 860 °С, НВ 179</i>					
20	360	670	22	55	88
400	300	650	26	75	115
450	270	550	27	81	114
500	265	480	29	85	141

## Предел выносливости [81, 82, 140]

Прочностные характеристики и термообработка	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$n$
$\sigma_{0,2} = 490 \text{ МПа}, \sigma_b = 640 \text{ МПа}; \text{НВ } 190\text{--}240$	333	—
$\sigma_b = 1370 \text{ МПа. Закалка с } 870 \text{ }^\circ\text{C}; \text{ отпуск при } 400 \text{ }^\circ\text{C}$	588	$10^6$
$\sigma_b = 980 \text{ МПа. Закалка с } 870 \text{ }^\circ\text{C}; \text{ отпуск при } 600 \text{ }^\circ\text{C}$	441	$10^6$
$\sigma_b = 1030 \text{ МПа. Диаметр заготовки } 20 \text{ мм}$	499	—

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [82]

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа	Длительность, ч	$t, ^\circ\text{C}$
157	1/10000	450	294	10000	450
103	1/100000	450	235	100000	450
83	1/10000	500	206	10000	500
49	1/100000	500	147	100000	500

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1260, конца 800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–300 мм – в мульдe.

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, АрДС и ЭШС. Необходимы подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием –  $K_{y, б.ст} = 0,72$  и  $K_{y, тв.спл} = 0,8$  в закаленном и отпущенном состоянии при НВ 212–248 и  $\sigma_b = 660 \text{ МПа}$  [101].

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

## Прокаливаемость [69, 81]

Полоса прокаливаемости для стали 35ХМ после нормализации при 860 °С приведена на рис. 23.

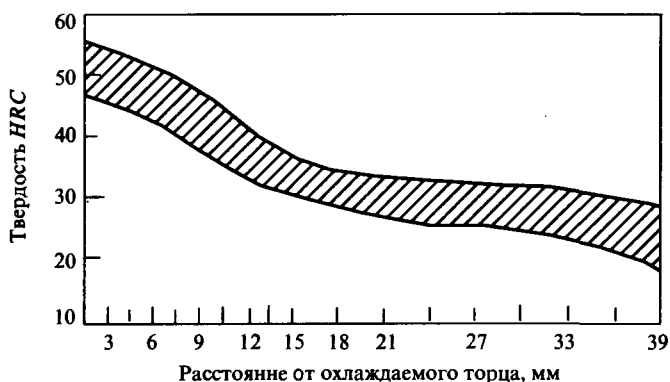


Рис. 23. Полоса прокаливаемости стали 35ХМ

### Критический диаметр $d$ после закалки в различных средах

Количество мартенсита, %	Критическая твердость HRC <sub>c</sub>	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
50	40–44	56–100	31–68
90	47–52	33–71	12–46

## Сталь 38ХМА

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 1133–71.

Назначение — ответственные детали общего назначения в машиностроении.

### Температура критических точек, °С [130]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
758	805	725	650

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Si	Mn	Cr	Mo	P	S	Cu	Ni
					не более			
0,35–0,42	0,17–0,37	0,35–0,65	0,90–1,30	0,20–0,30	0,025	0,025	0,30	0,30

## Механические свойства (ГОСТ 4543-71)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
		не менее				
Пруток. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 580 °С, охл. на воздухе	25	885	980	11	45	69

### Механические свойства в зависимости от сечения [130]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе</i>						
30	Ц	880	1000	18		103
	Ц	590	770	19	55	64
	К	660	850	18	56	62
<i>Закалка с 850 °С в воде; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе</i>						
80	Ц	880	1030	15	51	62
120	Ц	710	910	17	51	94
160	Ц	680	860	17	57	62
	К	820	950	17	57	104
	Ц	630	800	18	54	71
200	К	800	940	16	59	79

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [130]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>2</sub>
200	1600	1860	10	42	44	61
300	1470	1670	10	40	39	51
400	1270	1420	10	41	39	42
500	1130	1250	13	48	80	38
600	860	980	18	58	135	30

Примечание. Закалка с 850 °С в масле.

### Кратковременная теплопрочность [130]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
100	890	990	12	59
200	850	970	13	59
300	800	950	15	59
400	730	840	16	62
500	630	670	18	72
600	390	440	22	88

Примечание. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе.

### Предел выносливости [130]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
Закалка с высоким отпуском	323	6·10 <sup>5</sup>

### Ударная вязкость КСУ

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 550 °С, охл. на воздухе	83	67	59	53

## Сталь 14Х2ГМР

Заменитель — сталь 14ХНМДФР.

Вид поставки — лист толстый ЧМТУ 1-645-69. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 8479-70.

Назначение — тяжело нагруженные сварные детали и узлы.

### Температура критических точек, °С [33]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	M <sub>n</sub>
750	875	365

### Химический состав, % (ЧМТУ 1-645-69)

C	S	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	S	P	As	V	В
							не более				
0,10-0,16	0,90-1,20	0,17-0,37	1,30-1,70	0,40-0,50	0,30	0,30	0,035	0,035	0,08	0,03	0,006 по рас- чету

### Механические свойства [83]

Термообработка	Сече- ние, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
		не менее					
Закалка с 920-940 °С; отпуск при 620- 650 °С	101-300	490	590	14	35	49	187-229

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

t <sub>отп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
200	1100	1350	11	41	40
300	1100	1300	10	40	9
400	1000	1200	10	43	15
500	1000	1100	12	46	40
600	780	870	17	54	65
700	630	700	25	59	78

П р и м е ч а н и е. Лист толщиной 16 мм. Закалка с 960 °С в воде (образцы поперечные) [33].

### Механические свойства при повышенных температурах

t <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %
20	700	760	25	70
300	630	700	20	68
400	530	690	21	66
500	530	590	20	73

П р и м е ч а н и е. Заготовка сечением 20 мм. Закалка, отпуск при 680 °С [147].

## Ударная вязкость КСУ [13, 83]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
	+20	-40
Поковка сечением 101–300 мм. Закалка с 920–940 °С в воде; отпуск при 620–650 °С, охл. на воздухе (место вырезки образцов – 1/3R)	49	40
Лист толщиной 10 мм. Закалка с 950 °С в воде; отпуск при 650 °С, выдержка 1 ч (образцы поперечные)	150	120
Лист толщиной 10 мм. ВТМО: прокатка за 1 проход со скоростью 1 м/с, деформация 25 %. Закалка с 950 °С в воде; отпуск при 650 °С, выдержка 1 ч (образцы поперечные)	170	165

## Механические свойства после ВТМО [19]

Режим ВТМО	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>s</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
					+20	-40
Аустенизация при 950 °С, выдержка 1 ч, деформация 35 % за 1 проход:						
закалка с 900 °С в воде	1150	1300	9	38	79	44
закалка с 900 °С в воде, отпуск при 650 °С, выдержка 1 ч	900	930	14	49	145	118

Пр и м е ч а н и е. Заготовка 360×240×18 мм.

## Технологические свойства [33]

Температураковки, °С: начала 1220, конца 750.

Свариваемость – удовлетворительная. Способы сварки: РДС, АрДС под флюсом и газовой защитой. Рекомендуется подогрев при сварке жестких конструкций.

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

## Прокаливаемость [124]

Твердость HRC <sub>a</sub>	Расстояние от охлаждаемого торца, мм
31	30
27	100

## Сталь 20ХН

Заменитель – стали 15ХР, 20ХНР, 18ХГТ.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 1133–71. Труба ОСТ 14-21–77.

Назначение – шестерни, втулки, пальцы, детали крепежа и другие детали, от которых требуется повышенная вязкость и умеренная прокаливаемость.



### Температура критических точек, °С [173]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
735	805	790	660	410

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
0,17-0,23	0,40-0,70	0,17-0,37	0,45-0,75	1,00-1,40	не более		
					0,035	0,035	0,30

### Механические свойства прутка сечением 15 мм по ГОСТ 4543-71

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 860 °С в воде или масле; закалка с 760-810 °С в воде или масле; отпуск при 180 °С, охл. в воде или масле	590	780	14	50	78

### Твердость после термообработки [163]

Термообработка	Твердость
Нормализация при 860 °С; цементация при 910 °С, 16 ч на глубину 1,6-1,8 мм	HВ 262-290 <sup>*1</sup>
Подстуживание на воздухе до 860 °С, затем в масле; закалка с 770-780 °С; отпуск при 190 °С	HRC <sub>c</sub> 59-62 <sup>*2</sup>

\*1 Сердцевина.

\*2 Поверхность.

### Механические свойства в зависимости от сечения [108]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
20	750	1130	10	85
40	600	990	10	90
80	520	870	10	90
100	510	860	10	90

Примечание. Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 180 °С.

### Механические свойства образцов сечением 10 мм в зависимости от температуры отпуска [108]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>c</sub>
200	1050	1290	11	46	90	62
300	1000	1220	-	50	80	60
400	910	1100	11	51	75	-
500	770	950	14	54	110	-
600	650	770	20	60	180	-

Примечание. Закалка с 850 °С в масле.

### Ударная вязкость KCU [108]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С					
	-50	-20	20	200	300	400
Закалка + высокий отпуск	43	62	81-89	44-46	91-94	68-72

## Предел выносливости [108]

Образец	Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
Гладкий	Нормализация при 880 °С, отпуск при 650–670 °С	320	$20 \cdot 10^6$
С надрезом* <sup>1</sup>	$\sigma_{0,2} = 340$ МПа; $\sigma_b = 550$ МПа; <i>HV</i> 170	210	$20 \cdot 10^6$

Примечание. Диаметр образца 6 мм.

\*<sup>1</sup> Надрез с  $r = 1$  мм.

### Технологические свойства

Температура ковки, °С: начала 1250, конца 830 [108]. Сечения до 50 мм охлаждаются на воздухе, сечения 51–100 мм в мульде, сечения 101–200 мм в закрытой мульде.

Свариваемость – ограниченно свариваемая [2].

Флокеночувствительность – чувствительна [81].

Склонность к отпускной хрупкости – склонна [81].

### Прокаливаемость [69, 108]

Твердость $HRC_2$ на расстоянии от торца, мм							
3	5	10	15	20	25	30	40
36,5–47,5	34–44,5	28–41	23–35,5	20,3–32	19–32	17,5–30	17,5–28

### Критический диаметр $d$ после закалки в различных средах

Количество мартенсита, %	Критическая твердость $HRC_2$	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
50	31–37	33–52	12–28
90	38–43	23–34	6–14

## Сталь 40ХН

Заменитель – стали 45ХН, 50ХН, 38ХГН, 40Х, 35ХГФ, 40ХНР, 40ХНМ, 30ХГВТ.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 4543–71, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 10702–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Лист толстый ТУ 14-1-1930–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70. Валки ОСТ 24.013.21–85. Труба ОСТ 14-21–77.

Назначение – оси, валы, шатуны, зубчатые колеса, валы экскаваторов, муфты, валы-шестерни, шпиндели, болты, рычаги, штоки, цилиндры и другие ответственные нагруженные детали, подвергающиеся вибрационным и динамическим нагрузкам, к которым предъявляются требования повышенной прочности и вязкости. Валки рельсобалочных и крупносортовых станков для горячей прокатки металла.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
735	768	700	660	305

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Cr	Ni	P	S	Cu
					не более		
0,36-0,44	0,17-0,37	0,50-0,80	0,45-0,75	1,00-1,40	0,035	0,035	0,30

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 820 °С в воде или масле; отпуск при 500 °С, охл. в воде или масле	25	-	785	980	11	45	69	-
ГОСТ 8479-70	Поковка. Нормализация	100-300	315	315	570	14	35	34	167-207
		300-500				12	30	29	167-207
		500-800				11	30	29	167-207
	Поковка. Закалка + отпуск	300-500	345	345	590	14	38	49	174-217
		До 100	395	395	615	17	45	59	187-229
		100-300				15	40	54	
		300-500				13	35	49	
		500-800				11	30	39	
		До 100	440	440	635	16	45	59	197-235
		100-300				14	40	54	
	Поковка. Закалка + отпуск	300-500				13	35	49	
		500-800				11	30	39	
		До 100	490	490	655	16	45	59	212-248
		100-300				13	40	54	
До 100		540	540	685	15	45	59	223-262	
Поковка. Закалка + отпуск	100-300				13	40	49		
	До 100	590	590	735	14	45	59	235-277	
	100-300				13	40	49		

### Механические свойства в зависимости от сечения [2]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость НВ
40	780	960	18	58	325
80	730	920	20	54	302
120	710	910	-	50	300

Примечание. Нормализация при 870-925 °С; закалка с 790 °С в масле; отпуск при 540 °С.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [82]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
400	1220	1370	10	41	32	387
600	1080	1160	14	51	46	302
600	760	910	20	60	83	241

Примечание. Закалка с 820 °С в масле.

## Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
Нормализация при 850 °С				Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм, кованный и нормализованный. Скорость деформирования 50 мм/мин, скорость деформации 0,031/с			
20	790	18	48	700	225	36	92
200	750	—	50	800	130	57	96
300	690	20	—	900	91	71	100
400	540	25	65	1000	62	75	100
500	480	25	79	1100	45	76	100
600	350	27	85	1200	31	—	100

## Предел выносливости [77, 81]

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$\tau_{-1}, \text{МПа}$
$\sigma_{0,2} = 780 \text{ МПа}; \sigma_b = 980 \text{ МПа}; \text{НВ } 300\text{--}320$	490	294
$\sigma_{0,2} = 690 \text{ МПа}; \sigma_b = 880 \text{ МПа}; \text{НВ } 270\text{--}300$	441	274
$\sigma_{0,2} = 570 \text{ МПа}; \sigma_b = 780 \text{ МПа}; \text{НВ } 200\text{--}240$	392	235
$\sigma_b = 790 \text{ МПа}; \text{нормализация}; \text{НВ } 197$	314–392 ( $n = 10^7$ )	—

## Ударная вязкость КСУ [81]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Поковка 200×30 мм. Закалка + отпуск	116	116	93	80

Примечание.  $\sigma_{2,6/10000}^{425} = 103 \text{ МПа}; \sigma_{6/10000}^{425} = 138 \text{ МПа}; \sigma_{6,1/100000}^{425} = 69 \text{ МПа}; \sigma_{3,2/10000}^{535} = 21 \text{ МПа}$  [2].

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 830. Сечения до 50 мм охлаждаются на воздухе, сечения от 51 до 200 мм — охлаждение в муфте, сечения с 201 до 300 мм — с печью.

Свариваемость — трудносвариваемая. РДС, АДС под флюсом, ЭШС. Необходимы подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_v \text{ тв.спл} = 1,0$  и  $K_v \text{ б.ст} = 0,9$  в горячекатаном состоянии при  $\text{НВ } 166\text{--}170$  и  $\sigma_b = 690 \text{ МПа}$ .

Флокеночувствительность — повышено чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

## Прокаливаемость [69, 81]

Полоса прокаливаемости для стали 40ХН после нормализации при 850 °С и закалки с 820 °С приведена на рис. 24.

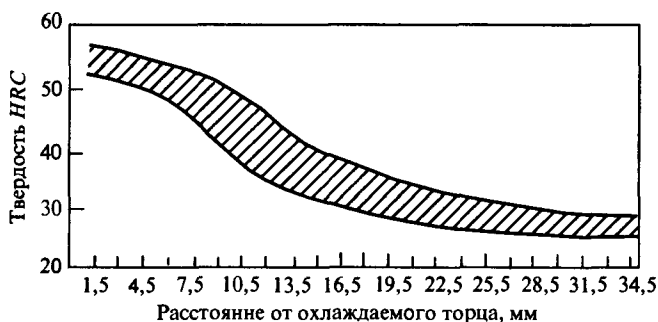


Рис. 24. Полоса прокаливаемости стали 40XH

### Критический диаметр $d$ после закалки в различных средах

Количество мартенсита, %	Критическая твердость HRC <sub>c</sub>	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
50	44–47	60–112	34–76
90	50–53	40–86	18–56

## Сталь 45XH

Заменитель – сталь 40XH.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70. Труба ОСТ 14–21–77.

Назначение – коленчатые валы, шатуны, шестерни, шпиндели, муфты, болты и другие ответственные детали.

### Температура критических точек, °C [105]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$M_s$
750	790	310

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
					не более		
0,41–0,49	0,50–0,80	0,17–0,37	0,45–0,75	1,00–1,40	0,035	0,035	0,30

## Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 820 °С в воде или масле; отпуск при 530 °С, охл. в воде или масле	25	-	835	1030	10	45	69	-
ГОСТ 8479-70	Поковки. Закалка + отпуск	До 100	590	590	735	14	45	59	235-277
			640	640	785	13	42	59	248-293

### Твердость после термообработки и закалки ТВЧ [51]

Термообработка	Твердость, не более
Цианирование при 810-830 °С, охл. в масле; отпуск при 200 °С, охл. на воздухе; закалка ТВЧ с 850-870 °С; отпуск при 180-220 °С	НВ 450* <sup>1</sup> HRC <sub>3</sub> 59* <sup>2</sup> НВ 300* <sup>1</sup> HRC <sub>3</sub> 53-57* <sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Сердцевина.

\*<sup>2</sup> Поверхность.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [140]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость НВ
200	1530	1690	8	24	460
300	1420	1620	7	32	450
400	1250	1380	10	40	380
500	980	1140	15	52	310
600	750	900	20	60	250

П р и м е ч а н и е. Закалка с 815 °С в масле;  $\sigma_{1,5/100000}^{290} = 207$  МПа;  $\sigma_{1,5/100000}^{650} = 2,0$  МПа;  $\sigma_{4/100000}^{425} = 69$  МПа [24].

### Механические свойства при повышенных температурах [140]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
20	720	910	21	425	520	670	25
150	680	880	19	535	210	440	33
290	670	-	27				

П р и м е ч а н и е. Закалка с 840 °С в масле; отпуск при 480 °С.

### Предел выносливости [108]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
Закалка с 845 °С в воде; отпуск при 480 °С, охл. в воде, $\sigma_{0,2} = 900$ МПа, $\sigma_b = 1150$ МПа	594	892
Закалка с 845 °С в воде; отпуск при 590 °С, охл. в воде, $\sigma_{0,2} = 810$ МПа, $\sigma_b = 1010$ МПа	506	773

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Сечения до 250 мм охлаждаются на воздухе, сечения 251-350 мм - в яме.

Свариваемость - трудносвариваемая. Способ сварки - РДС, необходимы подогрев и последующая термообработка.

Флокеночувствительность — повышено чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

### Прокаливаемость [84, 108]

Твердость $HRC_c$ на расстоянии от торца, мм (закалка с 845 °С)							
3	6	12	18	24	30	36	42
57,5	57,5	57	56	53,5	50,5	48	44,5

### Критический диаметр $d$ после закалки в масле

Термообработка	Критическая твердость $HRC_c$	$d$ , мм, после закалки в масле
Закалка с 830 °С + отпуск при:		
480 °С	32–40	50
370 °С	38–47	50

### Сталь 50ХН

Заменитель — стали 40ХН, 60ХГ.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 10702–78, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 10702–78, ГОСТ 1051–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 1133–71. Валки ОСТ 24.013.21–5, ОСТ 24.013.04–83. Труба ОСТ 14-21–77.

Назначение — валки для горячей прокатки, валы-шестерни, зубчатые колеса, бандажи, коленчатые валы, шатуны, болты, выпускные клапаны и другие крупные ответственные детали.

### Температура критических точек, °С [143]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
735	755	690	660	300

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

С	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
					не более		
0,46–0,54	0,50–0,80	0,17–0,37	0,45–0,75	1,00–1,40	0,035	0,035	0,30

### Механические свойства

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
		не менее					
Пруток. Закалка с 820 °С в воде или масле; отпуск при 530 °С в воде или масле	25	885	1080	9	40	49	—
Пруток. Закалка с 810–630 °С в масле; отпуск при 160–220 °С, охл. на воздухе	40	1470	1670	8	25	39	HRC <sub>3</sub> 50–55
Пруток. Закалка с 820 °С в масле; отпуск при 500 °С, охл. в воде или масле	60	780	980	9	40	49	269
Пруток. Закалка с 820–840 °С в масле; отпуск при 550–600 °С, охл. в воде или масле	120	640	780	—	—	59	250–285
Поковка. Нагрев до 1200 °С, выдержка 10 ч, ковка, изотермический отжиг, нормализация, высокий отпуск	960	330	720	10	9	20	—
	960*	380	770	18	37	35	—
Поковка. Нормализация при 840–870 °С, охл. на воздухе; отпуск при 580–630 °С, охл. с печью	100–300	450	760	12	35	29	229–285
	301–600	420	730	12	30	25	223–269
	601–900	390	690	11	25	—	207–255
	901–1200	340	670	10	20	—	201–241

\* Место вырезки образцов – край.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [2]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость НВ
200	1520	1760	8	25	460
300	1420	1640	7	32	445
400	1220	1420	11	41	385
500	980	1160	14	52	310
600	740	930	20	60	250

П р и м е ч а н и е. Закалка с 800 °С в масле.

### Механические свойства в зависимости от температуры испытаний (ГСССД 65–83)

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
20	720	910	21	290	670	—	27
150	680	880	—	425	520	670	25

П р и м е ч а н и е. Закалка с 840 °С в масле; отпуск при 480 °С.

### Ударная вязкость заготовок сечением 670 мм КСУ [9]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
	–20	–60
Нагрев до 1200 °С, выдержка 10 ч, ковка, изотермический отжиг, нормализация, высокий отпуск	16–43	8–22



### Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Сечения до 250 мм охлаждаются на воздухе; сечения 251–350 мм – в яме.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций (кроме КТС).

Обработываемость резанием –  $K_{у,б.ст} = 0,7$  и  $K_{у,тв.спл} = 0,8$  в нормализованном и отпущенном состоянии при  $HV 170–217$ .

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

### Прокаливаемость [82]

Твердость $HRC_2$ на расстоянии от торца, мм (закалка 845 °С)									
1,5	10,5	15	18	21	24	27	30	33	39
57	57,5	57	56	54,5	53,5	52,5	51	49,5	46

### Сталь 20ХНР

Заменитель – сталь 20ХН.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 4543–71, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковровая заготовка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 1133–71.

Назначение – зубчатые колеса, вал-шестерня, червяки, кулачковые муфты, валики, пальцы, втулки и другие нагруженные крупные детали, работающие в условиях ударных нагрузок.

### Температура критических точек, °С [82]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
740	830	725	650

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu	Ti	B
					не более				
0,16–0,23	0,60–0,90	0,17–0,37	0,70–1,10	0,80–1,10	0,035	0,035	0,30	0,06	0,001–0,005

### Механические свойства прутка сечением 15 мм (ГОСТ 4543–71)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Нормализация при 930–950 °С, охл. на воздухе; закалка с 780–830 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. на воздухе или в масле	980	1180	10	50	88

## Твердость после термообработки [82]

Термообработка	Твердость $HRC_3$ , не более
Цементация при 930 °С, охл. замедленное в колодцах или ящиках; закалка с 820–840 °С в масле; отпуск при 180–200 °С, охл. на воздухе	37–47* <sup>1</sup> 57–63* <sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Сердцевина.

\*<sup>2</sup> Поверхность.

## Механические свойства в зависимости от сечения [82]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
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
150	830	1000	16	–	98	286

П р и м е ч а н и е. Нормализация при 930 °С, охл. на воздухе; закалка с 840 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. на воздухе.

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [37]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость $HRC_3$
200	1220	1520	10	54	49	47
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

П р и м е ч а н и е. Закалка с 860 °С в масле; охл. после отпуска в масле.

## Предел выносливости [82]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
Нормализация при 930 °С; закалка с 840 °С в масле; отпуск при 200 °С; $\sigma_b = 470$ МПа	578	10 <sup>6</sup>

## Ударная вязкость KCU [50]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	–20	–40	–60
Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. в масле; $HRC_3$ 47	61	61	62	60
Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 500 °С, охл. в масле; $HRC_3$ 33	125	110	120	117

## Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1150, конца 800.

Свариваемость – РДС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

## Прокаливаемость [37, 82]

Твердость $HRC_3$ на расстоянии от торца, мм (закалка с 860 °С)									
1,5	3	4,5	6	9	12	15	21	27	32
43–48,5	43,5–49	43–49,5	42,5–49,5	41–49,5	39,5–49	38–48,5	35–47,5	31–45	26–40

Полоса прокаливаемости для стали 20ХНР приведена на рис. 25.

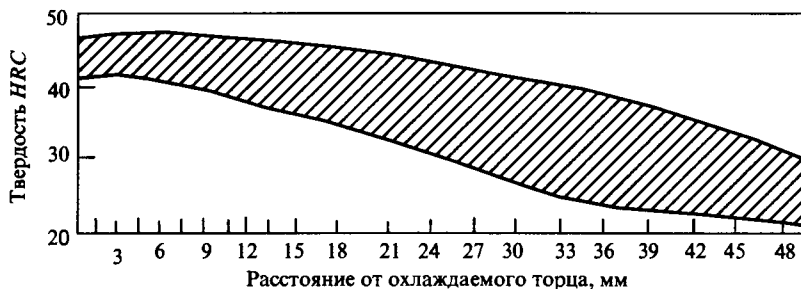


Рис. 25. Полоса прокаливаемости для стали 20ХНР

### Критический диаметр $d$ после закалки в масле

Термообработка	Количество мартенсита, %	Критическая твердость $HRC_3$	$d$ , мм, после закалки в масле
Закалка с 880 °С в масле	50	39	38

### Сталь 12ХН2 (12ХН2А)

Заменитель — стали 20ХНР, 20ХГНР, 12ХН3А, 18ХГТ, 20ХГР.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 1133–71. Труба ГОСТ 8731–74, ГОСТ 8732–78, ГОСТ 9567–75, ОСТ 14–21–77.

Назначение — шестерни, валы, червяки, кулачковые муфты, поршневые пальцы и другие цементуемые детали, к которым предъявляются требования высокой прочности, пластичности и вязкости сердцевины и высокой поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок и при отрицательных температурах.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
715	773	726	659	405

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

Сталь	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
						не более		
12ХН2	0,09–0,16	0,30–0,60	0,17–0,37	0,60–0,90	1,50–1,90	0,30	0,035	0,035
12ХН2А							0,025	0,025

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость, не более
			не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 860 °С в воде или масле; закалка с 760-810 °С в воде или масле; отпуск при 180 °С, охл. на воздухе или в масле	15	590	780	12	50	88	-
ГОСТ 8731-74	Труба горячедеформированная термически обработанная	-	392	539	14	-	-	-
[82]	Пруток. Цементация при 920-950 °С; закалка с 790-810 °С в масле; отпуск при 180-200 °С, охл. на воздухе	100	590	780	12	45	69	HB 249*1 HRC <sub>3</sub> 57-63*2
[82]	Пруток. Цианирование при 840-860 °С; закалка с 840-860 °С в масле; отпуск при 180-200 °С, охл. на воздухе	60	590	780	12	50	88	HB 229*1 HRC <sub>3</sub> 57*2

\*1 Сердцевина.

\*2 Поверхность.

### Механические свойства в зависимости от сечения (сталь 12ХН2А) [130]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. в воде</i>						
30	Ц	420	550	29	79	363
50	Ц	400	550	31	78	363
100	Ц	370	510	30	76	-
100	К	390	530	33	77	-
<i>Закалка с 880 °С через воду в масле; отпуск при 600 °С, охл. в воде</i>						
50	Ц	450	600	28	77	363
100	Ц	390	540	29	77	-
100	К	420	550	30	77	-

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска (сталь 12ХН2А) [130]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
200	830	1050	13	66	208	27
300	860	980	12	68	207	25
400	890	950	12	70	235	24
500	780	830	15	72	269	HB 216
600	590	670	22	76	195	HB 321

П р и м е ч а н и е. Нормализация при 860 °С, охл. на воздухе; закалка с 810 °С в масле.

### Кратковременная теплопрочность (сталь 12ХН2А) [130]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
100	510	600	21	74	500	370	410	23	81
200	495	590	20	72	600	210	245	41	89
300	485	580	20	74	700	97	120	73	-
400	460	540	22	79	800	59	78	75	79

П р и м е ч а н и е. Нормализация при 860 °С, охл. на воздухе; закалка с 810 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе.

## Ударная вязкость КСУ (сталь 12ХН2А) [130]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-40	-50
Сечение 30 мм. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 530 °С, охл. в воде	353	323	206
Сечение 100 мм. Место вырезки образцов – край. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 530 °С, охл. в воде	323	265	304
Сечение 100 мм. Место вырезки образцов – центр. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 530 °С, охл. в воде	514	304	–
Сечение 10 мм. Газовая цементация при 910 °С, 3 ч; закалка с 810 °С в масле; отпуск при 200 °С, 1 ч	49	8	–

### Предел выносливости [82]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
Закалка с 820 °С в масле; отпуск при 580 °С; $\sigma_b = 740$ МПа	323	$10^6$

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–300 мм – в мульде.

Свариваемость – ограниченно свариваемая. РДС, АДС под флюсом.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, б.ст} = 0,7$  и  $K_{v, тв.спл} = 0,8$  при  $HB 156-207$  [51].

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

### Прокаливаемость [50, 104]

Твердость HRC <sub>2</sub> , на расстоянии от торца, мм (закалка с 900 °С)						
1,5	3	4,5	6	9	12	15
35,5	32	29	27	23	20	19

### Критический диаметр $d$ после закалки в различных средах

Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки	
	в воде	в масле
50	40	25

## Сталь 12ХН3А

Заменитель – стали 12ХН2, 20ХН3А, 25ХГТ, 12Х2Н4А, 20ХНР.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73, ГОСТ 10702–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133–71. Труба ГОСТ 21729–76, ГОСТ 8734–75, ГОСТ 9567–75.

Назначение – шестерни, валы, червяки, кулачковые муфты, поршневые пальцы и другие цементуемые детали, к которым предъявляются требования высокой

прочности, пластичности и вязкости сердцевины и высокой поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок или при отрицательных температурах.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
715	773	726	659	380

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
					не более		
0,09-0,16	0,30-0,60	0,17-0,37	0,60-0,90	2,75-3,15	0,025	0,025	0,30

### Механические свойства заготовки диаметром 70 мм в зависимости от температуры отпуска [84]

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
200	1270	1370	12	60	98	400
300	1130	1270	13	68	78	380
400	1080	1200	14	68	83	375
500	930	1030	19	70	118	280
600	670	730	24	75	167	230

Примечание. Закалка с 800 °С в масле.

### Механические свойства в зависимости от сечения [130]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub> поверхности
10	1080	1220	13	60	157	35
15	780	980	16	65	152	32
20	730	880	16	70	165	30
25	640	830	20	70	192	28

Примечание. Ложная цементация при 910 °С, 9 ч; закалка с 810 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. на воздухе.

### Механические свойства образцов диаметром 28-50 мм при повышенных температурах [179]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
20	540	670	21	75	274
200	520	630	20	74	216
300	500	630	12	70	211
400	430	530	20	75	181
500	390	410	19	86	142
550	240	260	21	82	—

Примечание. Отжиг при 880-900 °С; закалка с 860 °С в масле; отпуск при 600 °С, 3 ч.

## Механические свойства прутка

Источник	Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость, не более
			не менее					
ГОСТ 4543-71	Закалка с 860 °С в воде или масле; закалка с 760-810 °С в воде или масле; отпуск при 180 °С, охл. на воздухе или в масле	15	685	930	11	55	88	-
[81]	Цементация при 920-950 °С; закалка с 800-820 °С в масле; отпуск при 160-200 °С, охл. на воздухе	60	830	980	12	55	118	HRC <sub>3</sub> (59-64) <sup>*1</sup> HB 303 <sup>*2</sup>
		100	690	830	10	50	78	HRC <sub>3</sub> (57-63) <sup>*1</sup> HB 250 <sup>*2</sup>

\*1 Поверхность.

\*2 Сердцевина.

### Ударная вязкость прутков сечением 10 мм, КСУ [130]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> при температуре, °С	
	+20	-40
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 200 °С, 1 ч; HRC <sub>3</sub> 37	127	103
Газовая цементация при 910 °С, 3 ч; закалка с 810 °С в масле; отпуск при 200 °С, 1 ч. HRC <sub>3</sub> 58	42	14

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
700	70	140	41	78
800	29	89	61	97
900	27	68	58	100
1000	23	44	63	100
1100	23	43	73	100
1200	12	25	70	100
1250	10	18	67	100

П р и м е ч а н и е. Образец диаметром 10 мм и длиной 50 мм, кованый и отожженный. Скорость деформирования 5 мм/мин; скорость деформации 0,002 1/с.

### Предел выносливости

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
$\sigma_{0,2} = 680$ МПа; $\sigma_b = 960$ МПа; HB 322 [2]	382	-
$\sigma_{0,2} = 610$ МПа; $\sigma_b = 730$ МПа; HB 238 [104]	338	230
$\sigma_b = 690$ МПа; $n = 10^6$ [179]	382-461	216-255
$\sigma_b = 910$ МПа	441	245

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1220, конца 800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101-300 мм - в яме.

Свариваемость - ограниченная. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом.

Обрабатываемость резанием -  $K_{V, тв.спл} = 1,26$  и  $K_{V, б.ст} = 0,95$  в горячекатаном состоянии при HB 183-187.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.  
Флокеночувствительность — чувствительна.

### Прокаливаемость (ГОСТ 4543-71) [50, 72]

Твердость HRC <sub>c</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка 849 °С)									
1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	12	15	21,0	27,0
88,5-43	37-43	35-42	31,5-41	25-40,5	22-38,5	35	32	28,5	26,5

Полоса прокаливаемости для стали 12ХН3А после нормализации при 850 °С и закалки с 840 °С приведена на рис. 26.



Рис. 26. Полоса прокаливаемости для стали 12ХН3А

### Критический диаметр $d$ после закалки в различных средах

Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки	
	в воде	в масле
50	32-65	20-50
95	18-29	10-17

### Сталь 20Х2М

Заменитель — стали 30, 22Х3М.

Вид поставки — поковка и ковкая заготовка по ГОСТ 8479-70.

Назначение — круглые детали, изготавливаемые методом ЭШС, днища, обечайки, колонны гидропрессов, поковки для деталей, работающих под давлением.

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Прочие	S	P
							не более	
0,18	0,17	0,70	2,10	0,30	0,25	Cu ≤ 0,30	0,030	0,030
0,24	0,37	0,70	2,50	0,70	0,35			

### Механические свойства (ТУ 2400 4823-90)

Термо-обработка	$t$ , °С	Среда охлаждения	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
Нормализация	880-920	Воздух или	До 300	450	600	10	45	70
Отпуск	600-650	печь	300-900	400	600	12	30	60
Закалка	880-920	Масло	До 550	450	600	16	45	70
Отпуск	600-650	Воздух						



## Ударная вязкость КСЧ

Термообработка	КСЧ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	0	-20	-40
Закалка + отпуск	70	70	50	40
Нормализация + отпуск	80	80	40	30

### Технологические свойства

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Свариваемость — хорошо свариваемая.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь 12Х2Н4А

Заменитель — стали 20ХГНР, 12ХН2, 12ХН3А, 20Х2Н4А, 20ХГР.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 1133-71. Труба ОСТ 14-21-77.

Назначение — зубчатые колеса, валы, ролики, поршневые пальцы и другие крупные особо ответственные цементуемые детали, к которым предъявляются требования высокой прочности, пластичности и вязкости сердцевин и поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок или при отрицательных температурах.

### Температура критических точек, °С [130]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub> [2]
745	800	675	625	438

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
					не более		
0,09-0,15	0,30-0,60	0,17-0,37	1,25-1,65	3,25-3,65	0,025	0,025	0,30

### Механические свойства прутка

Источник	Термообработка	Сече- ние, мм	σ <sub>0,2</sub>	σ <sub>b</sub>	δ <sub>5</sub>	ψ	КСЧ <sub>1,2</sub> Дж/см <sup>2</sup>	Твердость поверхности, не более
			МПа	МПа	%	%		
ГОСТ 4543-71	Закалка с 860 °С в масле; закалка с 760-800 °С в масле; отпуск при 180 °С, охл. на воздухе или в масле	15	930	1300	10	50	88	-
[50]		60	950	1200	10	50	80	255-302 НВ 59-63 HRC <sub>s</sub>
	Цементация при 920-950 °С; закалка с 780-800 °С в масле; отпуск при 180-200 °С							

### Механические свойства в зависимости от сечения

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость	
						HRC <sub>s</sub> поверхности	НВ
<i>Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. на воздухе [130]</i>							
5	1080	1270	13	60	105	39	—
15	930	1080	14	65	116	38	—
20	830	980	16	70	147	37	—
25	780	930	17	70	162	36	—
<i>Закалка с 780 °С в масле; отпуск при 130 °С, охл. на воздухе [2]</i>							
20	980	1240	10	63	196	—	375
40	860	1180	11	64	172	—	355
60	690	1080	13	61	137	—	325

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [108]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
200	1240	1560	49	88
300	1320	1540	56	74
400	1200	1320	59	103
500	1130	1200	62	125

Примечание. Закалка с 900 °С в масле.

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
800	99	115	35	91
900	64	80	56	96
1000	43	54	65	100
1100	31	42	64	100
1200	20	28	58	100
1250	15	23	62	100

Примечание. Образец диаметром 10 мм, длиной 50 мм, прокатанный. Скорость деформирования 20 мм/мин; скорость деформации 0,007 1/с.

### Ударная вязкость заготовок сечением 10 мм, КСУ [130]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
	+20	-40
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 200 °С, 1 ч; HRC <sub>s</sub> 40	102	91
Газовая цементация при 910 °С (по 4-м граням), 3 ч; закалка с 810 °С в масле; отпуск с 200 °С, 1 ч; глубина слоя 0,65 мм; твердость поверхности HRC <sub>s</sub> 58	34	25

### Предел выносливости [84]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа
Закалка с 860 °С в масле; закалка с 780 °С в масле; отпуск при 180 °С; $\sigma_{0,2}$ = 1030 МПа, $\sigma_s$ = 1220 МПа	630 ( $n = 10^6$ )
Закалка с 860 °С; закалка с 780 °С в масле; отпуск при 180 °С; $\sigma_{0,2}$ = 980 МПа, $\sigma_s$ = 1180 МПа	421
Нормализация при 920 °С, охл. на воздухе; закалка с 810 °С в масле; отпуск при 200 °С; $\sigma_{0,2}$ = 1140 МПа, $\sigma_s$ = 1350 МПа	519
Цементация при 910 °С; закалка с 790 °С в масле; отпуск при 200 °С; $\sigma_{0,2}$ = 930 МПа, $\sigma_s$ = 1180 МПа	676

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1220, конца 800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–300 мм – в яме.

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, б.ст} = 0,96$  и  $K_{v, тв.спл} = 1,26$  при  $HV$  183–187 [162].

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

### Прокаливаемость (ГОСТ 4543–71) [72]

Полоса прокаливаемости для стали 12Х2Н4А после нормализации при 860 °С и заковки с 860 °С приведена на рис. 27.



Рис. 27. Полоса прокаливаемости для стали 12Х2Н4А

### Критический диаметр $d$ после закалки в различных средах

Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки	
	в воде	в масле
95	30–100	18–80

### Сталь 25Х2Н4МА

Вид поставки – поковка ГОСТ 8479–70. Сортовой прокат ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Полоса ГОСТ 103–76. Лист ГОСТ 19903–74. Заготовка прямоугольная ГОСТ 9137–81.

Назначение – крупногабаритные шатуны и другие детали большой вязкости и прокаливаемости (для дизелестроения).

### Температура критических точек, °С

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$M_n$
660	755	300

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Mn	Cr	Ni	Mo	Si	P	S	Cu
						не более		
0,21–0,28	0,25–0,55	1,35–1,65	4,0–4,4	0,3–0,4	0,17–0,37	0,025	0,025	0,30

### Механические свойства в зависимости от сечения заготовки [193]

Термообработка	Диаметр заготовки, мм	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. в масле	20	980	800	19	60	150
	50	950	780	21	58	
	100	950	760	20	65	
	150–200	940	750	20	65	

Примечание. Образцы вырезали из центра заготовки.

### Механические свойства для заготовок сечением 25 мм (ГОСТ 4543–71)

Термообработка	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ после отжига, не болвв
	не менее					
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 560 °С, охл. в масле	1080	930	11	45	88	269

### Сталь 30ХНЗА

Заменитель – стали: 30Х2ГН2, 25Х2ГНТА, 34ХН2М.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133–71. Труба ОСТ 14-21–77.

Назначение – венцы ведомых колес тяговых зубчатых передач электропоездов, шестерни и другие улучшаемые детали. Может применяться при температуре –80 °С (толщина стенки не более 100 мм).

### Температура критических точек, °С [130]

A <sub>c1</sub>	A <sub>c3</sub>	A <sub>r3</sub>	A <sub>r1</sub>	M <sub>n</sub> [105]
700	800	680	610	305

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
					нв болвв		
0,27–0,33	0,30–0,60	0,17–0,37	0,60–0,90	2,75–3,15	0,025	0,025	0,30

### Механические свойства прутка

ГОСТ	Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>a</sub> , не болвв
			нв мвнее					
ГОСТ 4543–71 [130]	Закалка с 820 °С в масле; отпуск при 530 °С, охл. в водв или масле	25	785	980	10	50	78	–
		5	1420	1670	13	50	66	50
		20	1370	1670	12	45	49	49

### Ударная вязкость KCU после закалки с 820 °С в масле и отпуска [28]

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-10	-60
200	79	76	73
250	80	70	74
300	61	44	37
400	51	37	27
500	122	87	72
600	192	182	179

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания и температуры отпуска [126]

Температура, °С		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
отпуска	испытания				
300	20	1390	1540	8	56
	250	1390	1460	12	57
400	20	1270	1320	9	59
	250	—	1250	13	65
500	400	—	730	17	75
	20	1030	1140	12	62
	250	—	1090	13	67
	400	—	730	17	76
	500	—	305	34	82

Примечание. Закалка с 820 °С в масле.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [130]

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>s</sub>
200	1460	1620	8	50	80	52
300	1400	1530	7	50	59	50
350	1290	1430	8	50	47	48
400	1180	1290	10	52	54	45
500	920	1070	17	60	107	38
600	780	890	21	64	157	33

Примечание. Закалка с 820 °С в масле.

### Механические свойства в зависимости от сечения [130]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
20	830	930	20	66	147	390
40	810	910	20	65	147	380
60	780	880	20	62	142	370
80	730	850	20	61	132	360

Примечание. Закалка с 820 °С в масле; отпуск при 580–600 °С, охл. на воздухе.

### Предел выносливости [50, 162]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа
Закалка с 830 °С в масле; отпуск при 430 °С, $\sigma_b = 1330$ МПа	510
$\sigma_b = 1050$ МПа	480
Закалка с 830 °С в масле; отпуск при 580 °С, $\sigma_b = 950$ МПа	420
$\sigma_b = 830$ МПа	372

### Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1220, конца 800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–300 мм – в яме.

Свариваемость – ограниченная. Способы сварки: РДС, ЭШС. Необходимы подогрев и последующая термическая обработка [50].

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

Флокеночувствительность – чувствительна.

### Прокаливаемость [50, 125, 140]

Твердость $HRC_2$ на расстоянии от торца, мм (закалка с 870 °С)							
1,5	6	12	18	24	30	36	42
53	53,5	53	52,5	52	52,5	52,5	51,5

### Критический диаметр $d$

Количество мартенсита, %	Критическая твердость $HRC_2$	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
–	42	40	20
50	–	–	100

### Сталь 20ХНЗА

Заменитель – стали 20ХГНР, 20ХНГ, 38ХА, 15Х2ГН2ТА, 20ХГР.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70. Труба ГОСТ 14–21–77.

Назначение – шестерни, валы, втулки, силовые шпильки, болты, муфты, червяки и другие цементуемые детали, к которым предъявляются требования высокой прочности, пластичности, а также вязкости сердцевины и высокой поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок и при отрицательных температурах.

### Температура критических точек, °С [130]

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
730	810	700	615	340

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
					не более		
0,17–0,24	0,30–0,60	0,17–0,37	0,60–0,90	2,75–3,15	0,025	0,025	0,30

### Механические свойства

Источник	Состояние постааки	Сеч- ние, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_s$	$\delta_5$	$\psi$	$KCU, ^2$ Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 820 °С в масле; отпуск при 500 °С, охл. в воде или масле	15	-	735	930	12	55	108	-
ГОСТ 8479-70	Поковка. Закалка + отпуск	До 100	590	590	735	14	45	59	235-277
[181]	Цементация при 920-950 °С; нормализация при 870-890 °С, охл. на воздухе* <sup>1</sup> ; отпуск при 630-660 °С, охл. на воздухе* <sup>2</sup> ; закалка с 790-810 °С в масле; отпуск при 180-200 °С, охл. на воздухе	100	-	690	830	11	50	69	240* <sup>2</sup> HRC <sub>s</sub> 59-63* <sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Операции применяются для ответственных деталей сложной конфигурации с целью понижения устойчивости остаточного аустенита в цементационном слое, получение более высокой и равномерной твердости с поверхности после закалки и низкого отпуска и уменьшения деформации.

\*<sup>2</sup> Сердцеина.

\*<sup>3</sup> Поверхность.

### Механические свойства в зависимости от сечения [130]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>s</sub> поверхности
<i>Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. на воздухе</i>						
5	1220	1420	12	55	86	44
15	1180	1370	13	65	76	44
20	1080	1270	13	65	89	44
<i>Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе</i>						
30	700	800	20	70	167	-
50	610	730	19	71	167	-
80	580	700	23	68	167	-
220	510	660	14	51	167	-
220* <sup>1</sup>	570	690	23	67	157	-

\*<sup>1</sup> Место вырезки образца — край.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [130]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>s</sub>
200	1270	1510	15	60	73	43
300	1260	1370	12	62	54	42
400	1180	1260	13	64	59	39
500	960	1000	19	66	83	32
600	720	780	24	73	162	22

П р и м е ч а н и е. Нормализация при 860 °С, охл. на воздухе; закалка с 810 °С в масле.

### Предел выносливости при $n = 10^6$ [82]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
Закалка с 820 °С в масле; отпуск при 200 °С; $\sigma_s = 960$ МПа	382	—
Закалка с 820 °С в масле; отпуск при 500 °С; $\sigma_s = 730$ МПа	338	225
Закалка с 800 °С в масле; отпуск при 500 °С; $\sigma_s = 940$ МПа	421	—

### Ударная вязкость КСУ [130]

Сечение заготовки, мм	Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
		+20	-20	-40	-50(-60)
10	Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 200 °С	86	—	85	64
30	Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 560 °С	167	—	69	64
50	То же	167	—	83	73
80	«—»	167	—	69	—
100	Нормализация при 860 °С, охл. на воздухе	196	122	—	—
	Закалка с 810 °С в масле; отпуск при 600 °С	—	—	100	(86)
220	Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 630 °С	167	—	118	78

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1220, конца 800. Заготовка сечением до 100 мм охлаждается на воздухе; сечения 101–300 мм – в яме.

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v,ст} = 0,95$  в горячекатаном состоянии при  $HV$  177 и  $\sigma_v = 610$  МПа.

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

### Прокаливаемость (ГОСТ 4543–71) [69]

Полоса прокаливаемости для стали 20ХН3А после нормализации при 850 °С и закалки с 830 °С приведена на рис. 28.



Рис. 28. Полоса прокаливаемости для стали 20ХН3А

### Критический диаметр $d$

Количество мартенсита, %	Критическая твердость $HRC_s$	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
50	32–37	70–96	44–62
90	39–44	42–64	20–38



## Сталь 20X2H4A

Заменитель — стали 20XГНР, 15XГН2ТА, 20XГНТР.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 1133-71. Труба ОСТ 14-21-77.

Назначение — шестерни, вал-шестерня, пальцы и другие цементуемые 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.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
710	800	640

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
					не более		
0,16-0,22	0,30-0,60	0,17-0,37	1,25-1,65	3,25-3,65	0,025	0,025	0,30

### Механические свойства прутка

Источник	Термообработка	Сече- ние, мм	σ <sub>0,2</sub>	σ <sub>b</sub>	δ <sub>5</sub>	ψ	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твер- дость, не более
			не менее					
ГОСТ 4543-71	Закалка с 860 °С в масле; закалка с 780 °С в масле; отпуск при 180 °С, охл. на воздухе или в масле	15	1080	1270	9	45	78	-
[81]	Цементация при 900-920 °С, охл. на воздухе; закалка с 780-810 °С в масле; отпуск при 180-200 °С, охл. на воздухе	50	1050	1220	12	45	118	HВ 360 <sup>*2</sup> HRC <sub>c</sub> 57-64 <sup>*3</sup>
	Цементация при 920-950 °С; нормализация при 900-920 °С, охл. на воздухе <sup>*1</sup> или за- калка с 880-920 °С в мас- ле <sup>*1</sup> ; отпуск при 630-660 °С, охл. на воздухе <sup>*3</sup> ; закалка с 780-820 °С в масле; отпуск при 150-200 °С, охл. на воздухе	150	830	1080	9	35	78	HВ 321- 420 <sup>*2</sup> HRC <sub>c</sub> 57-64 <sup>*3</sup>

\*1 Операции применяются для особо ответственных или сложной конфигурации деталей с целью понижения устойчивости остаточного аустенита в цементационном слое, а также с целью получения более высокой и равномерной твердости с поверхности после закалки и низкого отпуска, уменьшения деформации.

\*2 Сердцевина.

\*3 Поверхность.

## Ударная вязкость КСУ [108, 162]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-70
Закалка с 820 °С в масле; отпуск при 500 °С	147	147	157	—
Образцы из поковки (закалка с 880 °С в масле; закалка с 780 °С в масле; отпуск при 200 °С):				
продольные	65	61	63	62
поперечные	32	33	35	30

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [108]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
200	1360	1500	7	56	120
300	1280	1400	7	60	100
400	1140	1300	7	63	120
500	970	1170	10	67	220
600	790	1000	11	72	235

Примечание. Закалка с 840 °С в масле.

### Механические свойства в зависимости от сечения [108]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
30	820	940	12	50	80	277
50	820	940	12	50	70	277
80	820	940	12	50	70	269
120	780	900	12	50	60	262
160	760	880	12	50	60	262
200	740	860	12	50	60	262
240	720	860	12	50	60	255

Примечание. Закалка + отпуск.

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
700	63	120	56	78
800	45	56	64	95
900	36	56	58	100
1000	22	37	63	100
1100	20	27	59	100
1150	16	26	65	100
1220	16	22	71	100

Примечание. Образец диаметром 10 мм, длиной 50 мм, кованный и отожженный. Скорость деформирования 5 мм/мин; скорость деформации 0,002 1/с.

### Предел выносливости [81, 84]

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
$\sigma_{0,2} = 1050$ МПа, $\sigma_b = 1220$ МПа, НВ 360	617	372
$\sigma_{0,2} = 610$ МПа, $\sigma_b = 730$ МПа, НВ 238	333	230
$\sigma_{0,2} = 680$ МПа, $\sigma_b = 960$ МПа, НВ 322	382	—
$\sigma_{0,2} = 850$ МПа, $\sigma_b = 940$ МПа	421	—

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе; сечения 101–350 мм — в яме.

Свариваемость – трудносвариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом, ЭШС. Необходимы подогрев и последующая термообработка.

Обработываемость резанием –  $K_{у\text{ в.ст}} = 0,63$  и  $K_{у\text{ тв.спл}} = 0,72$  после нормализации и отпуска при  $\sigma_{в} = 880$  МПа,  $HV\ 259$  [100].

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

Флокеночувствительность – чувствительна.

### Прокаливаемость [84]

Твердость HRC <sub>2</sub> на расстоянии от торца, мм								
3	5	10	15	20	30	40	50	60
41,5–49,5	40,5–48,5	35,5–45,5	31–40	28–36,5	25–33	23,5–31	23–30,5	22,5–30,5

Примечание. Нормализация при 850 °С; закалка с 840 °С.

### Сталь 38ХГН

Заменитель – сталь 38ХГНМ.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 8479–70, ГОСТ 1133–71. Труба ОСТ 14–21–77.

Назначение – детали экскаваторов, крепеж, валы, оси, зубчатые колеса, серьги и другие ответственные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности.

### Температура критических точек, °С

A <sub>c1</sub>	A <sub>c3</sub>	A <sub>r3</sub>	A <sub>r1</sub>	M <sub>n</sub> [108]
725	830	690	600	320

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
					не более		
0,35–0,43	0,80–1,10	0,17–0,37	0,50–0,80	0,70–1,00	0,035	0,035	0,30

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{в}$	$\delta_5$	$\psi$	KCU <sub>2</sub>	Твердость HV, не более
				МПа	МПа	%	%		
ГОСТ 4543–71	Пруток. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 570 °С, охл. в воде или масле	25	–	685	780	12	45	98	–

Продолжение

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_s$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 8479-70	Поковка. Закалка + отпуск	300-500	315	315	570	12	30	29	167-207
		500-800	315	315	570	11	30	29	167-207
	Поковка. Нормализация	До 100	345	345	590	18	45	59	174-217
		300-500	345	345	590	14	38	49	174-217
	Поковка. Закалка + отпуск	500-800		345	590	12	33	39	
		100-300	395			15	40	54	
	300-500		395	615	13	35	49	187-229	
	500-800				11	30	39		
	До 100	440	440	635	16	45	59	197-235	
	300-500		440	635	13	35	49		
	До 100	490	490	655	16	45	59	212-248	
	100-300		490	655	13	40	54		
	До 100	540	540	685	15	45	59	223-262	
	100-300		540	685	13	40	49		
	До 100	590	590	7,35	14	45	59	235-277	
[81]	Прутки. Закалка с 850-870 °С в масле; отпуск при 180-200 °С, охл. на воздухе	40	-	1340	1470	7	30	-	HRC <sub>2</sub> 50-53
	Закалка; отпуск при 650 °С	100	-	690	880	-	60	147-178	241

Ударная вязкость КСУ [108]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Закалка через воду на воздухе и опять в воде (2-4 мин в воде, 1-2 мин на воздухе, 2-4 мин в воде); отпуск при 620-640 °С	98	70	63	46
Закалка с 850 °С. Отпуск при 650 °С	178	169	127	92

Примечание. Сечение 200 мм.

Предел выносливости [108]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа
Закалка с 840 °С в масле; отпуск при 580 °С, $\sigma_s = 840$ МПа	440

Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
200	1580	1780	15	36	28	499
300	1470	1670	16	40	19	478
400	1290	1370	16	41	47	415
500	1150	1200	16	46	78	350
600	950	1040	19	54	157	269

Примечание. Закалка с 850 °С в масле.

## Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0.2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
700	185	200	34	93
800	89	135	57	98
900	52	76	68	100
1000	27	50	75	100
1100	18	35	66	100
1200	10	20	66	100

Примечание. Образец диаметром 10 мм, длиной 50 мм, кованный и отожженный. Скорость деформирования 5 мм/мин; скорость деформации 0,002 1/с.

## Механические свойства в зависимости от сечения

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0.2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
<i>Закалка с 850 °С в воде или масле; отпуск при 660 °С, охл. в воде [10]</i>							
250	К	700	850	15	54	69	269
	1/3R	660	810	16	51	64	255
	Ц	700	860	17	48	59	241
350	К	730	840	17	59	83	262
	1/3R	660	800	16	50	54	255
	Ц	690	870	14	43	49	248
450	К	730	890	15	54	73	262
	1/3R	690	840	15	47	49	248
	Ц	590	810	15	32	35	235
<i>Закалка с 850 °С через воду в масле; отпуск при 560 °С, 10 ч, охл. в воде [17]</i>							
550	К	800	930	16	52	69	275
	1/3R	660	870	14	52	54	275
	Ц	490	730	15	30	60	229

## Технологические свойства [105]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Сечения до 250 мм охлаждаются на воздухе, сечения 251–350 мм – в яме.

Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки: РДС. Необходимы подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием –  $K_{у, б.ст} = 0,9$  и  $K_{у, тв.спл} = 1,0$  после закалки и отпуска при НВ 187–236 и  $\sigma_b = 640$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

Флокеночувствительность – чувствительна.

## Сталь 20ХГНР

Заменитель – стали 20ХНЗА, 12ХН2, 12ХНЗА.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 1051–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133–71. Труба ОСТ 14-21–77.

Назначение — зубчатые колеса, вал-шестерня, червяки, кулачковые муфты, валики, втулки и другие ответственные детали, работающие в условиях ударных нагрузок.

### Температура критических точек, °С [82]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub> [46]
740	830	725	650	365

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu	Ti	B
					не более				
0,16–0,23	0,70–1,00	0,17–0,37	0,70–1,10	0,80–1,10	0,035	0,035	0,30	0,06	0,001–0,005

### Механические свойства прутка

Источник	Термообработка	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>B</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость, не более
			не менее					
ГОСТ 4543–71  [81]	Нормализация при 930–950 °С, охл. на воздухе; закалка с 780–830 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. на воздухе или в масле  Цементация при 930–950 °С; закалка с 830–850 °С в масле; отпуск при 170–230 °С, охл. на воздухе	15	1080	1270	10	50	88	–
		15	1360	1460	13	60	118	HRC <sub>3</sub> 57–63* <sup>1</sup>
		25	1310	1410	14	64	127	HRC <sub>3</sub> 57–63* <sup>1</sup>
		50	1160	1260	13	64	127	HRC <sub>3</sub> 57–63* <sup>1</sup>
		75	1080	1140	12	60	127	HRC <sub>3</sub> 57–63* <sup>1</sup>
		100	930	1040	17	66	127	HRC <sub>3</sub> 57–63* <sup>1</sup>
150	880	1040	17	50	108	HRC <sub>3</sub> 57–63* <sup>2</sup>		
							HRC <sub>3</sub> 57–63* <sup>1</sup>	

\*1 Поверхность.

\*2 Сердцевина.

### Механические свойства в зависимости от сечения [82]

Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>B</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
25	1370	1420	14	60	108	418
50	1110	1200	12	62	147	340
75	970	1060	15	60	108	302
100	920	1000	15	60	127	302
150	830	1000	16	50	98	286

П р и м е ч а н и е. Нормализация при 930 °С, охл. на воздухе; закалка с 840 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. на воздухе.

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [89]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
200	1250	1510	11	55	61	47
300	1230	1400	8	50	62	47
400	1180	1240	11	58	69	43
500	970	970	14	64	125	33
600	690	820	17	65	182	27

Примечание. Закалка с 860 °С в масле; охлаждение после отпуска в масле.

## Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
800	115	12	41	84
900	73	81	47	100
1000	32	44	58	100
1100	19	29	63	100
1200	15	25	76	100

Примечание. Образец диаметром 10 мм, длиной 50 мм, прокатанный. Скорость деформирования 20 мм/мин; скорость деформации 0,007 1/с.

## Ударная вязкость КСУ [82]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	-20	-40	-60	-80
Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. в масле; HRC <sub>3</sub> 47	61	61	62	60	61
Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 500 °С, охл. в масле; HRC <sub>3</sub> 33	125	110	120	117	89

## Предел выносливости заготовки сечением 20 мм [108]

Термообработка	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$n$
Нормализация при 930 °С, 3 ч, охл. на воздухе; закалка с 840 °С в масле; отпуск при 200 °С, 2 ч, $\sigma_s = 1480 \text{ МПа}$	590	10 <sup>7</sup>

## Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1150, конца 800. Сечения более 60 мм охлаждаются замедленно.

Свариваемость – РДС. Рекомендуется подогрев и последующая термическая обработка.

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

## Прокаливаемость [104, 108]

Твердость HRC <sub>3</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка с 860 °С)									
1,5	3	4,5	6	9	12	15	21	27	39
43–48,5	43,5–49	43–49,5	42,5–49,5	41–49,5	39,5–49	38–48,5	35–47,5	31–45	26–40

## Критический диаметр $d$

Термообработка	Критическая твердость HRC <sub>3</sub>	$d$ , мм, после закалки в масле
Закалка 820 °С	39–41	100
	40–44	50

## Сталь 30 ХГСН2А

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 4543–71, ГОСТ 1051–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 11269–76. Лист тонкий ГОСТ 11268–76. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 1133–71. Труба ОСТ 14-21–77.

Назначение – шестерни, фланцы, кулачки, пальцы, валики, оси, шпильки и другие ответственные тяжелонагруженные детали.

### Температура критических точек, °С [108]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	M <sub>n</sub>
705	800	321

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
0,27–0,34	1,00–1,30	0,90–1,20	0,90–1,20	1,40–1,80	не более		
					0,025	0,025	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
		не менее				
ГОСТ 4543–71	Пруток. Закалка с 900 °С в масле; отпуск при 260 °С, охл. на воздухе или в масле	1375	1620	9	45	59
ГОСТ 11269–76	Лист улучшенный или нормализованный 1, 3, 5-й категорий (образцы поперечные)	–	490–830 490–830	19 (15)	–	–

### Механические свойства в зависимости от сечения [108]

Сечение, мм	Направление вырезки образца	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 900 °С в масле; отпуск</i>						
100	Пр	540–570	800–820	20–23	64–66	100–110
	П	470–490	780–810	20	52–60	50–75
150	Пр	500–520	780	20–23	64	90–100
	П	480–490	710–780	15–20	36–51	70–90
250	Пр	500–520	–	18–23	58–65	100–110
	П	500–520	–	16–17	46–51	75
<i>Закалка с 900 °С в воде; отпуск</i>						
100	Пр	1000–1020	1190–1230	16–17	43–54	95–120
	П	1070–1170	1260–1290	8–10	29–35	75–100
150	Пр	940–980	1160–1170	9–13	26–36	85
	П	1030–1050	1090–1150	3–5	9–10	70–90
250	Пр	940–960	1130–1170	15–18	23–41	80–90
	П	1000	880–1080	4	7–8	60–75



## Ударная вязкость КСУ [108]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-20	-60
Закалка с 900 °С в масле; отпуск при 650 °С, выдержка 2,5 ч, охл. в масле	220	120	80

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [108]

t <sub>отп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>с</sub>
200	1500	1900	15	55	120	62
300	1500	1800	15	53	90	51
400	1350	1500	15	52	80	49
500	1150	1300	16	50	80	42
600	900	1000	20	55	150	37

Примечание. Закалка с 900 °С в масле, охлаждение после отпуска в масле.

### Механические свойства при повышенных температурах [108]

t <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>10</sub> (δ <sub>5</sub> ), %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 890 °С в масле; отпуск при 360 °С, охл. в масле</i>					
20	—	1550	9	52	60
250	—	1550	9	52	60
300	—	1550	10	53	58
350	—	1400	10	54	52
450	710	860	21	72	—
<i>Образец диаметром 10 мм, длиной 50 мм, прокатанный.</i>					
<i>Скорость деформирования 20 мм/мин; скорость деформации 0,007 1/с</i>					
800	98	115	(33)	77	—
900	64	81	(51)	77	—
1000	42	49	(53)	90	—
1100	25	32	(67)	100	—
1200	15	22	(69)	100	—
1250	11	17	(77)	100	—

### Предел выносливости [108]

Термообработка	σ <sub>-1</sub> , МПа	n
Нормализация при 890 °С; закалка с 890 °С в масле; отпуск при 230 °С; σ <sub>0,2</sub> = 1600 МПа, σ <sub>в</sub> = 1770 МПа	505	10 <sup>7</sup>

### Дополнительные данные

σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>с</sub>
<i>Сечение 20 мм, ВТМО: температура деформации 960 °С; степень деформации 20 %; отпуск при 270 °С, 2 ч [93]</i>					
—	1800	10	45	65	47–51
<i>Закалка с 900 °С, НТМО: 550 °С, деформация за 3 прохода на 63 % (25 %, 25 % и 13 % с промежуточными подогревами); охл. в масле; отпуск при 275 °С, 6 ч</i>					
2130	2310	—	—	20	—

### Технологические свойства [108]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Охлаждение сечений больше 60 мм замедленное, меньше 60 мм — на воздухе в штабелях.

Флокочувствительность — чувствительна.

Склонность к отпусковой хрупкости — склонна.

### Прокаливаемость [108]

Твердость <i>HRC</i> , на расстоянии от торца, мм (закалка с 900 °С)						
1,5	3	6	12	18	24	30
63	62,5	62	61	61	60,5	60,5

### Сталь 20ХН2М (20ХНМ)

Заменитель — стали 20ХГР, 15ХР, 20ХНР, 20ХГНР.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный прутков ГОСТ 4543-71, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 7417-75. Шлифованный прутков и серебрянка ГОСТ 14955-77, ГОСТ 4543-71. Полоса ГОСТ 103-76. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 1133-71. Труба ОСТ 14-21-77.

Назначение — шестерни, полуоси, сателлиты, кулачки, шарниры и другие детали.

### Температура критических точек, °С [108]

<i>Aс</i> <sub>1</sub>	<i>Aс</i> <sub>3</sub>
720	825

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu
						не более		
0,15-0,22	0,40-0,70	0,17-0,37	0,40-0,60	1,60-2,00	0,20-0,30	0,035	0,035	0,30

### Механические свойства прутков

Источник	Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	<i>KCU</i> <sub>1</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость, не более
			не менее					
ГОСТ 4543-71	Закалка с 860 °С в масле; закалка с 780 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. в воде или масле	15	685	880	11	50	78	—
[82]	Цементация при 930-950 °С, охл. на воздухе; закалка с 810-830 °С в масле; отпуск при 180-200 °С, охл. на воздухе	До 30 30-60	930 830	1180 1080	11 10	50 40	78 59	<i>HV</i> 341* <sup>1</sup> , <i>HRC</i> , 57-63* <sup>2</sup> <i>HV</i> 250-820* <sup>1</sup> , <i>HRC</i> , 57-63* <sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Сердцевина.

\*<sup>2</sup> Поверхность.

### Механические свойства поперечных образцов в зависимости от температуры отпуска [108]

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
200	1210	1420	5	21	38
600	970	1010	12	42	52

Примечание. Закалка с 860 °С в масле; выдержка при отпуске 2 ч.

### Механические свойства поперечных образцов в зависимости от температуры испытания [108]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
<i>Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 200 °С, 2 ч, охл. на воздухе</i>						
29	11	1210	1420	5	21	38
-40	8	1260	1470	4	21	-
-70	8	1280	1480	4	21	-
<i>Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 600 °С, 2 ч, охл. на воздухе</i>						
20	11	970	1010	12	42	52
-40	8	1010	1060	11	27	-
-70	8	1030	1090	11	23	-

### Ударная вязкость KCU заготовок сечением 11 мм [108]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-20	-70
Закалка с 840 °С в масле; отпуск при:			
300 °С, 2 ч	75	50	37
400 °С, 2 ч	87	63	54
500 °С, 2 ч	158	84	63

### Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Для заготовок сечением более 60 мм охлаждение медленное. Свариваемость – РДС с подогревом и последующей термообработкой.

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

### Прокаливаемость [108]

Твердость HRC <sub>c</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка с 810 °С)							
4	6	12	18	24	30	36	48
35,5–46,5	35–46,5	27–38,5	22–34	21–30	20,5–29,5	19,5–29,5	28

### Сталь 30ХН2МА

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка

ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70.

Назначение — коленчатые валы, шатуны, ответственные болты, шпильки, диски, звездочки и другие ответственные детали, работающие в сложных условиях нагружения при нормальных, пониженных и повышенных температурах.

### Температура критических точек, °С

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	M <sub>n</sub>
730	775	340

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu
						не более		
0,27-0,34	0,30-0,60	0,17-0,37	0,60-0,90	1,25-1,65	0,20-0,30	0,025	0,025	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 530 °С, охл. на воздухе	15	—	785	980	10	45	78	—
ГОСТ 8479-70	Поковка. Закалка + отпуск	100-300	540	540	685	13	40	49	223-262

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [108]

t <sub>отп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
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

Примечание. Закалка с 850 °С в масле, выдержка при отпуске 1 ч.

### Механические свойства прутков в зависимости от сечения [108]

Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
40	900	1000	12	62	150	300
80	800	930	13	63	140	275
120	700	850	15	62	120	250
160	720	850	15	57	95	245
200	600	800	16	55	80	240
240	600	800	17	53	75	230

Примечание. Нормализация при 860 °С, охл. в воде; отпуск при 680 °С; закалка с 850 °С в масле; отпуск при 600-620 °С, охл. в воде.

### Предел выносливости при n = 10<sup>7</sup> [108]

σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>10</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	σ <sub>-1</sub> , МПа	τ <sub>-1</sub> , МПа
1060	9	55	87	456	230
1800	6	45	33	500	—

Примечание. Закалка с 850 °С в масле, выдержка 1,5 ч; отпуск при 560 °С, выдержка 2 ч.

## Механические свойства поковок сечением 80 мм при повышенных температурах [108]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	1100	1200	15	60	125
200	950	1100	16	63	120
400	800	950	20	75	100
500	700	800	20	80	70
600	450	540	30	93	105

Примечание. Закалка + высокий отпуск.

### Дополнительные данные

$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>s</sub>
<i>НТМО: 500 °С, деформация 50 %, масло; отпуск при 200 °С, 4 ч</i>					
1760	2050	7	20	36	540
<i>НТМО: 700 °С, деформация 50 %, масло; отпуск при 200 °С, 4 ч</i>					
1620	1860	6	25	35	500
<i>НТМО: 900 °С, деформация 50 %, масло; отпуск 200 °С, 4 ч</i>					
1550	1760	10	40	40	460

### Технологические свойства [108]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Охлаждение замедленное. Для крупных сечений проводится противоблоксная обработка

### Прокаливаемость [108]

Термообработка	Критическая твердость, HRC <sub>s</sub>	Критический диаметр после закалки в масле, мм
Закалка с 850 °С в масле	49–56	75

## Сталь 30Х3МФ

Вид поставки – поковка ГОСТ 8479–76. Сортовой прокат ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 1133–71, ГОСТ 7417–75. Полоса ГОСТ 103–76. Заготовка квадратная ГОСТ 4593–77.

Назначение – детали судовых дизелей, плунжеры топливных насосов высокого давления, направляющие, тонкостенные гильзы и другие детали (в том числе прецизионные), которые должны обладать износостойкостью при высоких давлениях.

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

С	Mn	Cr	Mo	V	Si	S	P
						не более	
0,27–0,34	0,3–0,6	2,3–0,7	0,2–0,3	0,06–0,12	0,17–0,37	0,035	0,035

### Механические свойства\*1 (ГОСТ 4543-71)

Термообработка	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB после отжига, не более
	не менее					
Закалка с 870 °С в масле; отпуск при 620 °С, охл. в масле	980	835	12	55	98	229

\*1 Для заготовок сечением 25 мм.

### Технологические свойства

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

Флокеночувствительность — чувствительна.

### Сталь 38Х2Ю

Вид поставки — поковка ГОСТ 8479-70. Сортовой прокат ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Полоса ГОСТ 103-76. Лист ГОСТ 19903-74. Заготовка квадратная ГОСТ 9137-81.

Назначение — трущиеся детали приборов, детали вспомогательных агрегатов, валики водяных насосов, работающие в подшипниках скольжения, плунжеры, направляющие втулки кондукторов.

### Температура критических точек, °С

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r1}$	$A_{r3}$
810	880	736	790

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	Другие элементы
				не более				
0,35-0,42	0,2-0,4	0,2-0,4	1,5-1,8	0,3	0,3	0,035	0,035	0,5-0,8 Al

### Механические свойства\*1 (ГОСТ 4543-71)

Термообработка	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB после отжига, не более
	не менее					
Закалка с 930 °С в воде или масле; отпуск при 630 °С, охл. в воде или масле	880	734	10	45	78	229

\*1 Для заготовок сечением 30 мм.

### Предел выносливости (ГОСТ 4543-71)

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа
Закалка с 940 °С в масле, отпуск при 625 °С; азотирование при 500 °С, 48 ч	600

## Механические свойства после азотирования [50]

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_{-1}$ , МПа
	не менее		
Закалка с 930–950 °С в масле или воде (теплой) + отпуск при 600–630 °С, охл. в воде или масле + азотирование при 480–520 °С, охл. с печью до 100–150 °С	930	784	588

П р и м е ч а н и я: 1. Для уменьшения деформации в процессе азотирования детали до азотирования подвергаются стабилизирующему отпуску при 650–670 °С перед окончательным шлифованием.

2. Предел выносливости  $\sigma_{-1}$  после азотирования повышается приблизительно в 1,5 раза.
3. Твердость сердцевины после азотирования НВ 260–269.
4. Диаметр или толщина исследованных заготовок до 60 мм.

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850.

Обработываемость – материал резца – твердый сплав, НВ 187–229.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

## Сталь 38Х2Н2МА

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный прутки ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70. Труба ОСТ 14.21–77.

Назначение – валы, шатуны, болты, шпильки и другие крупные особо ответственные тяжело нагруженные детали сложной конфигурации, применяемые в улучшенном состоянии.

### Температура критических точек, °С [130]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [121]
753	790	490	370	320

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

С	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu
						не более		
0,33–0,40	0,25–0,50	0,17–0,37	1,30–1,70	1,30–1,70	0,20–0,30	0,025	0,025	0,30

## Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 870 °С в масле; отпуск при 580 °С, охл. на воздухе или в масле	25	—	930	1080	12	50	78	—
ГОСТ 8479-70	Поковка. Закалка + отпуск	500-800 До 100	440 735 785	440 735 785	635 880 930	11 13 12	30 40 40	39 59 59	197-235 277-321 293-331

## Ударная вязкость заготовок KCU [130]

Термообработка	Сечение, мм	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
		+20	-20	-50
Закалка с 860° С в масле; отпуск при 560 °С, охл. в воде	30	137	129	122
	50	144	138	112
	80	150	93	85
	120	144	76	73
	200	66	34	—

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [130]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>s</sub>
200	1520	1810	11	46	44	53
300	1420	1630	10	45	37	49
400	1350	1470	10	46	39	46
500	1190	1240	13	65	68	40
600	880	960	17	64	137	32

Примечание. Закалка с 850 °С в масле.

## Предел выносливости при $n = 5 \cdot 10^6$ [108, 130]

Характеристики прочности		$\sigma_{-1}$ , МПа
$\sigma_{0,2} = 880$ МПа		363
$\sigma_{0,2} = 520$ МПа, $\sigma_b = 720$ МПа		300

## Механические свойства в зависимости от сечения

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Прокат. Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 560 °С, охл. в воде [130]</i>						
30	Ц	860	1000	19	64	137
50	Ц	830	970	16	61	144
80	Ц	750	900	18	61	150
120	Ц	740	500	19	60	144
	К	770	940	18	61	151
200	Ц	750	900	17	52	66
	К	770	930	17	57	72
<i>Поковка. Закалка с 950 °С в масле; отпуск при 580-600 °С [108]</i>						
500	Ц	760	930	(15)	52	57
	К	770	960	(17)	55	53
	Ц* <sup>1</sup>	740	930	(11)	—	23
	К* <sup>1</sup>	760	930	(11)	23	22



Продолжение

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см
700	Ц	740	900	(17)	51	45
	К	740	930	(17)	52	—
	Ц* <sup>1</sup>	790	900	—	—	15
	К* <sup>1</sup>	730	880	(11)	20	27
900	Ц	710	850	(7)	16	26
	К	700	890	(16)	49	46
	Ц* <sup>1</sup>	890	730	—	6	20
	К* <sup>1</sup>	700	870	(11)	22	24

\*<sup>1</sup> Образцы поперечные.

### Кратковременная теплопрочность [130]

$t_{исп.}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
100	820	930	17	64
200	860	910	16	64
300	730	880	16	65
400	690	780	18	73
500	570	620	22	80
600	340	400	35	82

П р и м е ч а н и е. Закалка с 850 °C в масле; отпуск при 580 °C, охл. на воздухе.

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °C: начала 1200, конца 800. Охлаждение медленное.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.

Склонность и отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — чувствительна.

### Прокаливаемость [108]

Твердость HRC <sub>c</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка с 845 °C)									
1,6	3	5	9	13	20	25	30	40	50
51,5–59	51,5–59	50,5–59	49,5–38	49,5–58	47,5–57	46,5–57	45,5–56	44,5–56	42,5–56

### Критический диаметр $d$

Критическая твердость HRC <sub>c</sub>	$d$ , мм, после закалки в масле
53	100

### Сталь 40ХН2МА

Заменитель — стали 40ХГТ, 40ХГР, 30ХЗМФ, 45ХН2МФА.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73, ГОСТ 10702–78.

Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Поковка и кованая заготовка

ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70. Валки ОСТ 24.013.04-83, ОСТ 24.013.20-85. Полоса ГОСТ 103-76.

Назначение — коленчатые валы, клапаны, шатуны, крышки шатунов, ответственные болты, шестерни, кулачковые муфты, диски и другие тяжелоагруженные детали. Валки для холодной прокатки металлов.

### Температура критических точек, °C [130]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub> [105]
730	820	550	380	320

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu
						не более		
0,37-0,44	0,50-0,80	0,17-0,37	0,60-0,90	1,25-1,65	0,15-0,25	0,025	0,025	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 850 °C в масле; отпуск при 620 °C, охл. в воде	25	-	930	1080	12	50	78	-
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 850 °C в масле; отпуск при 620 °C, охл. в масле	25	-	835	980	12	55	98	-
ГОСТ 8479-70	Поковка. Закалка + отпуск	500-800	440	440	635	11	30	39	197-235
		300-500	490	490	655	12	35	49	212-248
	500-800				11	30	39		
	100-300	540	540	685	13	40	49	223-262	
	300-500				12	33	44		
	100-300	590	590	735	13	40	49	235-277	
	300-500				12	35	44		
	500-800				10	30	39		
	100-300	640	640	783	12	38	49	248-293	
	300-500				11	33	44		
	До 100	735	735	880	13	40	59	262-311	
		100-300				12	35	49	277-321
		До 100	785	785	930	12	40	59	293-331
		100-300				11	35	49	

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [81]

t <sub>отп</sub> , °C	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
200	1600	1750	10	50	59	525
300	1470	1600	10	50	49	475
400	1240	1370	12	52	59	420
500	1080	1180	15	59	88	350
600	860	960	20	62	147	275

Примечание. Закалка с 850 °C в масле.

## Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 580 °С</i>					
20	950	1070	16	58	78
250	830	1010	13	47	109
400	770	950	17	63	84
500	680	700	18	80	54
<i>Образец диаметром 5 мм, длиной 25 мм, прокатанный. Скорость деформирования 2 мм/мин; скорость деформации 0,001 1/с</i>					
700	—	185	17	32	—
800	—	89	66	90	—
900	—	50	69	90	—
1000	—	35	75	90	—
1100	—	24	72	90	—
1200	—	14	62	90	—

## Предел выносливости [81]

Сечение, мм	Термообработка	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$\tau_{-1}, \text{МПа}$
100	Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 580 °С; $\sigma_b = 880 \text{ МПа}$	447	274
400	Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 610 °С; $\sigma_b = 790 \text{ МПа}; \sigma_{0,2} = 880 \text{ МПа}, \sigma_b = 1080 \text{ МПа}$ [198]	392 519 ( $n = 10^6$ )	235

## Ударная вязкость КСУ [81]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-40	-60
Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 580 °С	103	93	59

## Механические свойства в зависимости от сечения

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
<i>Пруток. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 620 °С [160]</i>							
40	Ц	880	1030	14	57	118	33
60	Ц	830	980	16	60	127	32
80	1/2R	730	880	17	61	127	29
100	1/2R	670	850	19	61	127	26
120	1/3R	630	830	20	62	127	25
<i>Пруток. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 540–660 °С [108]</i>							
До 16	Ц	1000	1200–1400	9	—	90	—
16–40	Ц	900	1100–1300	10	—	50	—
40–100	Ц	800	1000–1200	11	—	60	—
100–160	Ц	700	900–1100	12	—	60	—
160–250	Ц	650	850–1000	12	—	60	—

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1220, конца 800. Сечения до 80 мм – отжиг с перекристаллизацией, два переохлаждения, отпуск.

Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки – РДС. Необходим подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v \text{ тв.спл}} = 0,4$  и  $K_{v \text{ б.ст}} = 0,7$  в горячекатаном состоянии при  $HV \text{ 228–235}$  и  $\sigma_b = 560 \text{ МПа}$ .

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.  
Флокеночувствительность — чувствительна.

### Прокаливаемость [81]

Твердость $HRC_3$ на расстоянии от торца, мм (закалка с 840 °С)									
1,5	3	6	9	12	15	21	27	33	42
49–59,5	43,5–60	50–60	50–59,5	49–59	48–58	45–56	41,5–53	41–50,5	36,5–48,5

### Критический диаметр $d$

Количество мартенсита, %	Критическая твердость, $HRC_3$	$d$ , мм, при закалке	
		в воде	в масле
50	44–47	153	114
90	49–53	137–150	100–114

### Коррозионная стойкость

Среда	Температура, °С	Глубина, мм/год
Вода	300	0,05–0,1

Примечание.  $\sigma_{1/10000}^{455} = 686$  МПа;  $\sigma_{1/1000}^{455} = 137$  МПа;  $\sigma_{1/10000}^{590} = 13$  МПа;  $\sigma_{1/1000}^{590} = 29$  МПа.

### Сталь 40X2H2MA

Заменитель — сталь 38X2H2MA.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный прутки ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70. Труба ОСТ 14-21–77.

Назначение — крупные изделия: валы, диски, редукторные шестерни, а также крепежные детали.

### Температура критических точек, °С [108]

$A_{c1}$	$A_{c3} (A_{cm})$
740	805

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu
						не более		
0,35–6,42	0,30–0,60	0,17–0,37	1,25–1,65	1,35–1,75	0,20–0,30	0,025	0,025	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Прутки. Закалка с 870 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. в воде или в масле	25	-	930	1080	10	45	78	-
ГОСТ 8479-70	Поковка. Закалка + отпуск	300-500	590	590	735	12	35	44	235-277
		300-500	640	640	785	11	33	44	248-293
		До 100	735	735	880	13	40	39	277-321

### Ударная вязкость КСУ [81]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. в масле	50	41	36	35
Закалка с 820 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. в воде [108]	139	122	128	125

### Механические свойства проката в зависимости от сечения [108]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
500	Ц	760	930	15	52	57
	К	770	960	17	55	53
	Ц* <sup>1</sup>	740	930	11	23	23
	К* <sup>1</sup>	760	930	11	-	22
700	Ц	740	900	17	51	45
	К	740	930	17	52	-
	Ц* <sup>1</sup>	790	900	-	-	15
	К* <sup>1</sup>	730	880	11	20	27
900	Ц	710	850	7	16	26
	К	700	890	16	49	46
	Ц* <sup>1</sup>	690	730	11	6	20
	К* <sup>1</sup>	700	870	-	22	24

\* Образцы поперечные

Примечание. Закалка с 950 °С в масле; отпуск при 580-600 °С.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [108]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость НВ
400	1230	1400	12	49	430
500	1090	1200	16	60	350
600	850	950	20	62	280

Примечание. Закалка в масле.

### Предел выносливости [189]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа
Закалка с 890 °С; отпуск при 580 °С, охл. в воде; $\sigma_{0,2} = 1080$ МПа, $\sigma_b = 1200$ МПа	520 ( $n = 10^6$ )

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–350 мм – в яме.

Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки – РДС. Необходимы подогрев и последующая термообработка.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Флокеночувствительность – чувствительна.

### Прокаливаемость [108]

Твердость $HRC_3$ на расстоянии от торца, мм (закалка с 845 °С)									
1,5	3	5	9	13	20	25	30	40	50
51,5–59	51,5–59	50,5–59	49,5–58	49,5–58	47,5–57	46,5–57	45,5–56	44,5–56	42,5–56

### Критический диаметр $d$

Количество мартенсита, %	$d$ , мм после закалки в масле
50	115
95	100

### Сталь 38ХНЗМА

Заменитель – сталь 38ХНЗВА.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 4543–71, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70.

Назначение – валы, оси, шестерни и другие крупные особо ответственные детали.

### Температура критических точек, °С [130]

$A_{c1}$	$A_{c3}$ ( $A_{cm}$ )	$A_{r3}$ ( $A_{rcm}$ )	$A_{r1}$
730	770	315	300

### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu
						не более		
0,33–0,40	0,25–0,50	0,17–0,37	0,80–1,20	2,75–3,25	0,20–0,30	0,025	0,025	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$KCU_1$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость $HV$ , не более
				МПа		%	%		
ГОСТ 4543–71	Пруток. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 590 °С, охл. на воздухе	25	–	980	1080	12	50	78	–

Продолжение

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 8479-70	Поковка. Закалка + отпуск	300-500	640	640	785	11	33	44	248-293
		500-800	640	785	10	30	39	248-293	
	Нормализация	100-300	685	685	835	12	38	49	262-311
		300-500	685	835	11	33	39	262-311	
	Закалка + отпуск	500-800	685	685	835	10	30	39	262-311
		100-300	735	735	880	12	35	49	277-321
	Нормализация	300-500	735	735	880	11	30	39	277-321
		300-500	785	785	930	10	30	39	293-331

**Механические свойства прутка в зависимости от сечения [130]**

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
30	940	1060	12	50	98
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

Примечание. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 580-600 °С, охл. на воздухе.

**Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [130]**

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
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

Примечание. Закалка с 840 °С в масле.

**Кратковременная теплопрочность [130]**

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
200	940	1080	13	49
300	860	1030	13	60
400	800	930	12	70
500	710	760	14	78
600	440	490	26	84

Примечание. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 550 °С, охл. на воздухе.

**Ударная вязкость прутков сечением 10 мм, КСУ [130]**

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-40	-60	-80
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 550 °С, охл. в воде	100	97	95	95
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 650 °С, охл. в воде	135	137	138	133

**Предел выносливости [130]**

$\sigma_{0,2}$ , МПа, после закалки и высокого отпуска	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	$n$
920	549	-	10 <sup>5</sup>
920	461	-	10 <sup>6</sup>
920	431	294	5 · 10 <sup>6</sup>

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Флокеночувствительность – повышено чувствительна.

Склонность к отпусковой хрупкости – не склонна.

### Сталь 18Х2Н4МА (18Х2Н4ВА)

Заменитель – стали 15Х2ГН2ТРА, 20Х2Н4А.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 10702–78. Калиброванный пруток ГОСТ 10702–78, ГОСТ 4543–71, ГОСТ 1051–73, ГОСТ 7417–75. ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 8479–70, ГОСТ 1133–71, ГОСТ 4543–71. Труба ОСТ 14-21–77.

Назначение – в цементованном и улучшенном состоянии применяется для ответственных деталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, вязкости и износостойкости, а также для деталей, подвергающихся высоким вибрационным и динамическим нагрузкам. Сталь может применяться при температуре от –70 до +450 °С.

#### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub> [105]
700	810	400	350	336

#### Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

Сталь	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	W	P	S	Cu
								не более		
18Х2Н4МА	0,14–0,20	0,25–0,55	0,17–0,37	1,35–1,65	4,00–4,40	0,30–0,40	–	0,025	0,025	0,30
18Х2Н4ВА	0,14–0,20	0,25–0,55	0,17–0,37	1,35–1,65	4,00–4,40	–	0,80–1,20	0,025	0,025	0,30

#### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	σ <sub>02</sub> ,	σ <sub>в</sub> ,	δ <sub>5</sub> ,	ψ,	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543–71	Пруток. Закалка с 950 °С на воздухе; закалка с 860 °С на воздухе; отпуск при 200 °С, охл. на воздухе или в масле	15	–	835	1130	12	50	98	–
		15	–	785	1030	12	50	118	–
ГОСТ 8479–70	Поковка. Закалка + отпуск	300–500	685	685	835	11	33	39	262–311
		100–300	735	735	880	12	35	49	277–321
		До 100	785	785	930	12	40	59	293–331
[82]	Поковка. Отжиг при 890–910 °С, охл. с печью	300	–	390	620	10	25	–	265



## Продолжение

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
[32]	Пруток. Нормализация при 920–980 °С, охл. на воздухе; отпуск при 630–680 °С, охл. на воздухе *1	–	–	590	780	–	60	–	197–269
[81]	Цементация при 920–950 °С; нормализация при 900–950 °С, охл. на воздухе; закалка с 900–950 °С в масле; отпуск (двойной) при 630–650 °С, охл. на воздухе *2	80	–	1270	1370	12		88	321–400*3, Св. НРС, 57*4

\*1 Для улучшения обрабатываемости.

\*2 Операции (после цементации) применяются при обработке крупных деталей сложной конфигурации для понижения устойчивости остаточного аустенита в цементованном слое, получения более равномерной твердости с поверхности после закалки и отпуска и уменьшения деформации.

\*3 Сердцевина.

\*4 Поверхность.

## Механические свойства в зависимости от сечения [108]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НРС
<i>Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 200 °С</i>							
40	Ц	1070	1300	14	69	150	43
60	Ц	1110	1250	15	62	140	41
80	1/2R	1130	1250	12	54	170	42
100	1/2R	1100	1230	15	63	160	40
120	1/3R	1090	1220	13	60	160	41
<i>Закалка с 860 °С в воде; отпуск при 200 °С</i>							
40	Ц	1220	1420	13	66	110	45
60	Ц	1280	1420	13	61	120	45
80	1/2K	1250	1390	12	45	150	45
100	1/2K	1210	1360	13	57	130	44
120	1/3K	1240	1340	12	42	140	41

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [108]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
200	1170	1470	12	64	114
300	1140	1390	12	64	98
400	1040	1280	12	63	86
500	950	1180	13	66	92
600	710	940	19	73	183

Примечание. Закалка с 850 °С в масле.

## Механические свойства при повышенных температурах [108]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 560 °С</i>					
20	1090	1240	12	61	127
200	1060	1190	12	60	137
300	1050	1200	14	64	118

## Продолжение

$t_{\text{исп.}}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
400	960	1060	14	69	108
500	810	880	14	70	98
550	710	750	16	73	108

Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм, прокатанный.  
Скорость деформирования 16 мм/мин. Скорость деформации 0,009 1/с

700	225	265	31	69	—
800	73	130	35	34	—
900	55	79	22	23	—
1000	41	55	31	36	—
1100	24	36	63	100	—
1200	20	25	46	100	—

## Ударная вязкость КСУ [82, 108]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °C			
	+20	-20	-40	-60
Закалка с 850 °C на воздухе; отпуск при 170 °C, охл. на воздухе	143	134	130	114
Закалка с 880 °C в масле; отпуск при 560 °C; $\sigma_b = 1310$ МПа	108	—	88	—

Примечание.  $\sigma_{2/1000}^{350} = 690$  МПа;  $\sigma_{2/1000}^{450} = 207$  МПа;  $\sigma_{2/1000}^{500} = 126$  МПа;  $\sigma_{2/1000}^{550} = 54$  МПа;  $\sigma_{200}^{400} = 860$  МПа;  $\sigma_{200}^{450} = 710$  МПа;  $\sigma_{200}^{500} = 410$  МПа [108].

## Предел выносливости [108]

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	$n$
$\sigma_{0,2} = 1070$ МПа, $\sigma_b = 1360$ МПа	540	—	$5 \cdot 10^6$
$\sigma_{0,2} = 1140$ МПа, $\sigma_b = 1220$ МПа	475	—	$5 \cdot 10^6$
$\sigma_b = 1270$ МПа	540	228	$5 \cdot 10^6$
$\sigma_b = 910$ МПа	470	226	$5 \cdot 10^6$
$\sigma_{0,2} = 1110$ МПа, $\sigma_b = 1230$ МПа, НВ 383	696	—	—
$\sigma_{0,2} = 1180$ МПа, $\sigma_b = 1300$ МПа, НВ 404	774	—	—

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °C: начала 1200, конца 800. Охлаждение медленное до 150 °C с последующим высоким отпуском не позднее 4–6 ч.

Свариваемость — трудносвариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом, ЭШС. Необходимы подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,63$  и  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,72$  при  $\sigma_b = 880$  МПа и НВ 277–321 [108].

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — чувствительна.

## Прокаливаемость [108]

Твердость HRC <sub>3</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка)								
1,5	9	11	15	20	25	30	40	50
40,5–48,5	40,5–48,5	39,5–47,5	39,5–47,5	38,5–46,5	37,5–46,5	36,5–45,5	35–45,5	32–44,5

## Сталь 30ХНЗМ2ФА

Назначение — диски паровых турбин.

Температура критических точек [124]:  $A_{c1} = 725$  °C,  $A_{c3}$  ( $A_{cm}$ ) = 800 °C.

### Химический состав, % (ТУ 108.1028-81)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	Cu	S	P
		не более					не более		
0,26-0,32	0,20-0,50	0,37	1,20-1,70	3,00-3,50	0,40-0,65	0,10-0,20	0,25	0,022	0,025

### Механические свойства поковок сечением до 500 мм (ТУ 108.1028-81)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при $t_{исп.}$ , °C		Твердость HB
	не менее				+20	-40	
Закалка с 850-870 °C; отпуск при 580-650 °C	750	900	12	35	50	30	277-321

### Технологические свойства [83]

Температураковки, °C: начала 1200, конца 900.

Свариваемость – трудносвариваемая.

Флокеночувствительность – сильно чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

### Прокаливаемость

Термообработка	Твердость HRC <sub>3</sub>	Расстояние от охлаждаемого торца, мм
Закалка в воде	51,5	200

### Сталь 38ХНЗМФА

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73, ГОСТ 7417-75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70. Труба ОСТ 14-21-77.

Назначение – наиболее ответственные тяжело нагруженные детали, работающие при температурах до 400 °C.

### Температура критических точек, °C [130]

A <sub>c1</sub>	A <sub>c3</sub>	A <sub>r3</sub>	A <sub>r1</sub>	M <sub>n</sub> [108]
725	775	300	250	260

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	P	S	Cu
							не более		
0,33-0,40	0,25-0,50	0,17-0,37	1,20-1,50	3,00-3,50	0,35-0,45	0,10-0,18	0,025	0,025	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе	25	-	1080	1180	12	50	78	-
ГОСТ 8479-70	Поковка. Закалка + отпуск	500-800	640	640	785	10	30	39	248-293
	Поковка. Нормализация	100-300	685	685	835	12	38	49	262-311
		300-500				11	33	39	
	Поковка. Закалка + отпуск	500-800	685	685	835	10	30	39	262-311
	Поковка. Нормализация	100-300	735	735	880	12	35	49	277-321
		500-800	735	735	880	-	-	-	277-321
	Поковка. Нормализация	До 100	785	785	930	12	40	59	293-331
Поковка. Закалка + отпуск	100-300 300-500	785 785	785 785	930 930	11 10	35 30	49 39	293-331	

### Механические свойства в зависимости от сечения [130]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 860 °С, охл. на воздухе</i>						
30	Ц	1250	1330	13	52	70
50	Ц	1210	1300	13	52	73
200	Ц	1070	1150	13	40	80
	К	1210	1260	12	49	70
<i>Закалка с 850 °С через воду в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе</i>						
80	Ц	1130	1190	14	52	84
120	Ц	1110	1170	14	52	93
160	Ц	1150	1200	13	50	88
	К	1160	1220	15	54	75
240	Ц	1070	1130	13	50	85
	К	1170	1210	14	53	78

### Ударная вязкость КСУ [130]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе	90	85	78	70
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 550 °С, охл. на воздухе	83	71	63	57

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [130]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
200	1590	1800	11	43	60	52
300	1470	1080	9	46	40	48
400	1400	1540	10	45	48	46
500	1290	1370	11	45	59	44
600	1130	1200	14	55	88	39

Примечание. Закалка с 850 °С в масле.

## Кратковременная теплопрочность [130]

$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
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

Примечание. Образцы. Закалка с 850 °C в масле; отпуск при 600 °C, охл. на воздухе.

## Предел выносливости

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
Закалка + высокий отпуск, $\sigma_{0,2} = 1030$ МПа [130]	412	$5 \cdot 10^6$
Закалка с 870 °C в масле, выдержка 1 ч; отпуск [108] при 700–720 °C, выдержка 2 ч, $\sigma_b = 980$ МПа	500	$2 \cdot 10^7$

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °C: начала 1180, конца 780. Сечения до 100 мм охлаждаются в яме; сечения свыше 100 мм подвергаются низкотемпературному отжигу.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Флокеночувствительность – повышено чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

## Прокаливаемость $HRC_s$ [108]

Твердость $HRC_s$ на расстоянии от торца, мм						
3	10	20	30	40	50	70
51,5	51	50,5	50	50	49,5	49

## Критический диаметр $d$ после закалки

Термообработка	Критическая твердость, $HRC_s$	$d$ , мм, после закалки в масле
Закалка с 840 °C в масле	57–60	150

## Сталь 45ХН2МФА

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный прут ГОСТ 4543–71, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный прут и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 1133–71.

Назначение – торсионные валы, коробки передач и другие нагруженные детали, работающие при скручивающих повторно-переменных нагрузках и испытывающие динамические нагрузки.

### Температура критических точек, °С [130]

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r3}$ ( $A_{rcm}$ )	$A_{r1}$	$M_n$ [108]
735	825	470	370	275

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	P	S	Cu
							не более		
0,42-0,50	0,50-0,80	0,17-0,37	0,80-1,10	1,30-1,80	0,20-0,30	0,10-0,18	0,025	0,025	0,30

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
		не менее				
ГОСТ 4543-71  [108]	Пруток. Закалка с 860 °С в масле	1275	1420	7	35	39
	Отпуск при 450 °С, охл. в масле	1325	1470	7	35	39
	Изотермическая закалка с 880 °С в горячей среде с температурой, °С:					
	280	1400	2000	-	26	55
	320	1250	1600	-	36	100
	360	1000	1350	-	37	75

### Механические свойства в зависимости от сечения [61]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 560 °С, охл. на воздухе</i>					
30	1320	1380	11	40	35
50	1320	1370	12	42	37
80	1300	1370	12	38	37
<i>Закалка с 850 °С в воде или масле; отпуск при 560 °С, охл. на воздухе</i>					
120	1170	1250	11	40	31
160	1080	1180	8	42	33
160*	1200	1300	10	38	46

\* Место вырезки образца - край.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [108]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
200	1870	1980	8	32	47
300	1700	1800	10	44	34
400	1470	1530	10	46	43
500	1250	1290	14	53	81
600	1080	1130	19	58	130
700	720	830	24	68	185

Примечание. Закалка с 850 °С в масле, выдержка при отпуске 2 ч, охлаждение в воде.

### Кратковременная теплопрочность [130]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
100	1100	1180	12	52
200	1040	1150	13	52
300	1020	1140	14	57
400	910	1000	15	68
500	770	830	18	78
600	410	490	35	89

Примечание. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 580 °С, охл. на воздухе.

### Ударная вязкость КСУ [130]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе	80	77	73	64
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 550 °С, охл. на воздухе	57	54	47	39

### Предел выносливости [108]

$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$\tau_{-1}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$
760	560	1340
780	620	1530
860	670	2080

### Технологические свойства [50]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Сечения до 60 мм охлаждаются медленно. Для крупных сечений проводится противоблоксная термообработка.

Свариваемость — трудносвариваемая. РДС, необходимы подогрев и последующая термическая обработка.

Флокеночувствительность — чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Прокаливаемость [108]

Твердость $HRC_s$ , на расстоянии от торца, мм (закалка с 850 °С)							
1,5	10	20	30	40	50	60	70
63	62,5	61,5	59	54	52,5	50,5	50

Примечание. Критическая твердость  $HRC_s$ , 54–58; критический диаметр 50 мм после закалки в масле.

## Сталь 20ХН4ФА

Заменитель — сталь 18Х2Н4МА.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 4543–71,

ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75. ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133-71. Трубы ОСТ 14-21-77.

Назначение — клапаны впуска, болты, шпильки и другие ответственные детали, работающие в коррозионной среде при повышенных температурах (300–400 °С).

### Температура критических точек, °С [108]

$A_{c1}$	$A_{c3} (A_{cm})$	$M_n$
710	750	310

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	V	P	S	Cu
						не более		
0,17–0,24	0,25–0,55	0,17–0,37	0,70–1,10	3,75–4,15	0,10–0,18	0,025	0,025	0,30

### Механические свойства прутка сечением 25 мм (ГОСТ 4543-71)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 630 °С, охл. в воде	685	880	12	50	98

### Механические свойства образцов сечением 10 мм при повышенных температурах [108]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
20	740	890	15	64	53
100	710	830	13	64	63
200	—	830	12	63	56
300	670	820	12	61	99
400	590	700	12	70	92
500	445	580	11	57	82
600	205	360	13	50	104

Примечание. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 580 °С.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [108]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
200	1200	1500	12	58	90
400	1150	1300	13	62	90
600	990	1040	16	65	120

Примечание. Закалка с 870 °С в воде, охлаждение после отпуска в масле.

### Ударная вязкость KCU [108]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-50	-80
Закалка с 870 °С в масле, отпуск (охл. в масле) при:				
200 °С	100	60	80	71
400 °С	110	79	72	63
600 °С	116	82	70	60



## Предел выносливости [108]

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
$\sigma_{0,2} = 980$ МПа, $\sigma_a = 1020$ МПа	480	$10^6$
$\sigma_{0,2} = 1030$ МПа, $\sigma_a = 1070$ МПа	500	$10^8$

## Чувствительность к охрупчиванию при старении [108]

Время, ч	Температура, °С	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	850 <sup>*1</sup>	
1000	325	61
1000	475	22

<sup>\*1</sup> Температура закалки, охл. в масле.

## Технологические свойства [108]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Сечения более 40 мм охлаждаются замедленно.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Флокеночувствительность – чувствительна [81].

Склонность к отпускной хрупкости – склонна [81].

## Сталь 38Х2МЮА

Заменитель – стали 38Х2ЮА, 38ХВФЮ, 20Х3МВФ, 38Х2Ю.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75. ГОСТ 8560–78, ГОСТ 1051–73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 1133–71.

Назначение – штоки клапанов паровых турбин, работающие при температуре до 450 °С, гильзы цилиндров двигателей внутреннего сгорания, иглы форсунок, тарелки букс, распылители, пальцы, плунжеры, распределительные валики, шестерни, валы, втулки и другие детали.

## Температура критических точек, °С [130]

$A_{c1}$	$A_{c3}$ ( $A_{cм}$ )	$A_{r3}$ ( $A_{rм}$ )	$A_{r1}$	$M_n$ [136]
800	865	740	665	330

## Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Mn	Si	Cr	Mo	Al	P	S	Cu	Ni
						не более			
0,35–0,42	0,30–0,60	0,20–0,45	1,35–1,65	0,15–0,25	0,70–1,10	0,025	0,025	0,30	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
			не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 940 °С в воде или масле; отпуск при 640 °С, охл. в воде или масле	30	835	980	14	50	88	—
ГОСТ 8479-70	Поковка. Закалка + отпуск	100-300	590	735	13	40	49	235-277
	Поковка. Закалка с 930-950 °С в масле или воде; отпуск при 640-680 °С, охл. на воздухе	60	880	1030	18	52	—	250-300
		100	730	880	10	45	59	—
		200	590	780	10	45	59	—
	Поковка. Закалка с 950 °С в масле; отпуск при 550 °С, охл. в масле	120	780-880	930-1030	12-15	35-45	69-98	285-302

### Твердость после азотирования [81]

Термообработка	Твердость
Закалка с 930-950 °С в масле или воде; отпуск при 640-680 °С, охл. на воздухе; азотирование при 520-540 °С, охл. с печью до 100 °С	НВ 269-300 – сердцевины; НВ 850-1050 – поверхности

### Механические свойства в зависимости от сечения

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
<i>Закалка с 930-950 °С в масле или воде; отпуск при 640-680 °С, охл. на воздухе [81]</i>							
60	—	880	1030	18	52	—	250-300
100	—	730	880	10	45	59	—
200	—	590	780	10	45	59	—
<i>Закалка с 940 °С в масле; отпуск при 600 °С [130]</i>							
30	Ц	780	910	17	53	115	—
<i>Закалка с 940 °С через воду в масле; отпуск при 600 °С [130]</i>							
50	Ц	830	950	16	50	102	—
80	Ц	830	940	15	50	48	—
140	Ц	780	920	15	48	41	—
180	Ц	710	860	15	47	36	—
	К	780	930	14	48	39	—
220	Ц	730	880	15	43	35	—
	К	800	930	16	43	34	—

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [84]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
300	1660	1810	8	43	39	650
400	1520	1670	10	39	10	500
500	1270	1420	10	44	29	450
600	1080	1180	12	60	78	370

Примечание. Закалка с 900 °С в масле.

### Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Прутки. Закалка с 930–940 °С в масле; отпуск при 660 °С, 5 ч, охл. на воздухе; НВ ≥ 255 [77]</i>					
20	650	800	17	64	157
200	580	780	17	56	152
300	570	810	18	58	127
400	550	720	20	63	127
500	420	470	25	81	98
600	270	300	26	89	98
<i>Образец диаметром 10 мм, длиной 50 мм, прокатанный и отожженный. Скорость деформирования 20 мм/мин; скорость деформации 0,007 1/с</i>					
800	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 при 20 °С в зависимости от тепловой выдержки [77]

Термообработка	Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$					
Закалка с 930–940 °С в масле; отпуск при 660 °С	500	5000	640	800	20	60	152
	550	5000	550	710	23	63	171

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [84]

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура, °С
100	1/100000	450
82	1/100000	500
14	1/100000	550

### Предел выносливости

Термообработка	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$n$
Закалка с 940 °С в масле; отпуск при 660 °С, 5 ч, охл. на воздухе; $\sigma_{0,2} = 650 \text{ МПа}$ , $\sigma_b = 810 \text{ МПа}$ , НВ 255 [77]	392–480	10 <sup>7</sup>
Закалка с 940 °С в масле; азотирование при 500 °С, 48 ч [81]	608–617	–

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1240, конца 800. Сечения до 50 мм охлаждаются в штабелях на воздухе, сечения 51–100 мм — в ящиках.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.

Обрабатываемость резанием —  $K_{у\text{ тв.спл}} = 0,75$  и  $K_{у\text{ б.ст}} = 0,55$  в закаленном и отпущенном состоянии при  $HV\ 240-277$  и  $\sigma_b = 780$  МПа.

Флокеночувствительность — чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна [82].

### Прокаливаемость [84, 50]

Твердость $HRC_a$ на расстоянии от торца, мм (закалка с 870 °С)									
1,3	3,0	6,0	9,0	12,0	18,0	24,0	30,0	36,0	42,0
52,0	52,0	51,5	49,5	48,5	45,5	44,0	43,5	43,5	42,5

Примечание. Критический диаметр, мм 70 — после закалки в воде; 45 — в масле.

### Сталь 35ХН1М2ФА

Вид поставки — поковки и кованые заготовки ГОСТ 8479—70.

Назначение — диски паровых турбин, оси, валы и другие особо ответственные крупные детали с высокими требованиями к механическим свойствам.

### Температура критических точек, °С [179]

$A_{c1}$	$A_{c3}$ ( $A_{cm}$ )	$M_n$
750	820	300

### Химический состав, % (ГОСТ 4543—71)

С	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	Cu	S	P
		не более					не более		
0,32–0,40	0,50–0,80	0,37	1,30–1,70	1,30–1,70	0,40–0,60	0,10–0,20	0,25	0,022	0,025

### Механические свойства поковок

Источник	Термообработка	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость $HV$
				не менее					
ГОСТ 8479—70	Закалка + отпуск Закалка с 850– 870 °С в масле; отпуск при 570– 640 °С, охл. с печью или на воздухе	500–800	640	640	785	10	30	39	248–293
		100–300	785	785	930	11	35	49	293–331
		300–500	735	735	880	11	30	39	277–321
[83]									
ТУ 108.1028—81	Закалка с 850– 870 °С в масле; отпуск при 570– 640 °С, охл. с печью или на воздухе	До 450*1	–	680–850	830	12	40	50	–

\*1 Образцы тангенциальные.

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе; сечения 101–350 мм – в яме.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Флокеночувствительность – сильно чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

### Прокаливаемость [74]

Количество фазы, %	Критический диаметр, мм, после закалики		Твердость HRC <sub>c</sub>	Расстояние от охлаждаемого торца, мм
	в воде	в масле		
100 % мартенсита	80	–	52–55	200
100 % бейнита	–	500		

### Сталь 38Х2Н3М

Назначение – ответственные детали контейнеров с высокими требованиями по механическим свойствам при повышенных температурах.

### Химический состав, % (ОСТ 24.959.11)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	S	P
0,35–0,42	0,50–0,80	0,17–0,37	1,00–1,50	2,75–3,25	0,30–0,40	не более	
						0,035	0,030

### Механические свойства поковок [83]

Термообработка	Сечение, мм	КП	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
			не менее					
Закалка с 850–870 °С в масле; отпуск при 560–620 °С, охл. с печью	101–300	900	900	1000	12	35	60	302–340
	301–500	800	800	950	11	30	50	293–331
	501–800	750	750	900	11	30	40	277–321
	801–1300	–	–	–	–	–	–	241–321
Нормализация при 850–870 °С, охл. на воздухе; отпуск при 560–620 °С, охл. с печью	301–500	750	750	900	11	30	40	277–321
	501–800	700	700	850	10	30	40	262–311
	801–1300	–	–	–	–	–	–	229–302

### Механические свойства поковок сечением до 600 мм при различных температурах испытания [83] (образцы тангенциальные)

t <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	Твердость HB
Нормализация при 850–870 °С, охл. на воздухе; отпуск при 500–550 °С, охл. с печью				
20	800	900	11	269–321
450	650	800	11	–

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	Твердость $HV$
<i>Закалка с 850–870 °С в масле; отпуск при 510–540 °С, охл. с печью</i>				
20	1000	1100	11	321–388
450	750	850	12	–
500	700	800	12	–
<i>Закалка 850–870 °С в масле; отпуск при 550–580 °С, охл. с печью</i>				
20	800	900	12	269–321
450	700	800	12	–
500	650	750	12	–

Примечание. Предел длительной прочности [474]:  $\sigma_{300}^{450} = 700 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{300}^{500} = 650 \text{ МПа}$ .

### Технологические свойства [83]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850.

Свариваемость – трудносвариваемая.

Флокеночувствительность – сильно чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

### Прокаливаемость [83]

Количество фазы, %	Критический диаметр, мм, после закалки		Твердость $HRC_s$	Расстояние от охлаждаемого торца, мм
	в воде	в масле		
100 % мартенсита	230	–	51,5	80
100 % бейнита	–	1000	48,5	200

### Сталь 34ХН1М

Заменитель стали: 38Х2НМ, 34ХН3М, 38Х2Н2МА, 40Х2Н2МА.

Вид поставки – поковки и кованные заготовки по ГОСТ 8479–70.

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 и работающие при температуре до 500 °С.

### Температура критических точек, °С [115]

$A_{c1}$	$A_{c3} (A_{cm})$	$M_n$
730	780	320

### Химический состав, % (ТУ 24-1-12-179-75)

C	Cr	Si	Mn	Ni	Mo	S	P
						не более	
0,30–0,40	1,30–1,70	0,17–0,37	0,50–0,80	1,30–1,70	0,20–0,30	0,035	0,030

### Механические свойства поковок

Термообработка	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
			не менее					
Закалка + отпуск	300-500	315	315	570	12	30	29	167-207
	Нормализация	До 100	395	395	615	17	45	59
Закалка + отпуск	100-300				15	40	54	
	До 100	440	440	635	16	45	59	197-235
	100-300				14	40	54	
	300-500				13	35	49	
	500-800				11	30	39	
	100-300	490	490	655	13	40	54	212-248
	300-500				12	35	49	
	500-800		490	655	11	30	39	212-248
	До 100	540	540	685	15	45	59	223-262
	100-300				13	40	49	
	300-500				12	35	44	
	100-300	590	590	735	13	40	49	235-277
	300-500				12	35	44	
	До 100	640	640	785	13	42	59	248-293
100-300				12	38	49		
До 100	685	685	835	13	42	59	262-311	
100-300				12	38	49		
До 100	735	735	880	13	40	59	277-321	
Изотермический отжиг при 860-870 °С, выдержка при 640-660 °С, охл. с печью	До 700		320	580	11	30	30	167-207

### Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Поковка. Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 660 °С [179]</i>					
20	590-640	790-820	19-23	68	200-250
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	-
<i>Образец диаметром 6 и длиной 30 мм, прессованный.</i>					
<i>Скорость деформирования 16 мм/с; скорость деформации 0,009 1/с [81]</i>					
800	89	15	49	84	-
1000	39	58	46	65	-
1200	20	27	45	100	-

### Ударная вязкость поковок КСУ [152]

Термообработка	Сечение *1, мм	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
		+20	-20	-40	-60
Закалка в воде купанием; отпуск при 620-640 °С	200	142	113	95	85
Закалка с 850-870 °С; отпуск при 580-640 °С	101-300	50	-	30	-
То же	301-500	45	-	25	-

\*1 Место вырезки образца - 1/3R.

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 165$  МПа при  $l = 10^7$ . Нормализация при 860-870 °С; закалка с 850-870 °С в масле; отпуск при 620-645 °С, выдержка 6 ч, охл. на воздухе;  $\sigma_{0,2} = 610$  МПа,  $\sigma_b = 760$  МПа, НВ 240-280; образцы с концентраторами; изгиб в одной плоскости.

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1240, конца 780. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–350 мм – в яме.

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, ЭШС.

Необходимы подогрев и последующая термообработка.

Обработываемость резанием –  $K_{\text{в.спл}} = 0,8$  после отжига при  $HV$  210–230 и  $\sigma_{\text{в}} = 650$  МПа.

Флокеночувствительность – сильно чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

## Прокаливаемость [115]

Твердость $HRC$ , на расстоянии от торца, мм (закалка с 900 °С в воде)			
5	60	100	150
54,5	48,5	41,5	38,5

Примечание. Количество мартенсита 100 %, критический диаметр 60 мм после закалки в воде; количество бейнита 100 %, критический диаметр 320 мм после закалки в масле.

## Сталь 30ХН2МФА

Заменитель – сталь 30ХН2ВФА.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 4543–71, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 10702–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543–71, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70.

Назначение – валы, цельнокованные роторы, диски, детали редукторов, болты, шпильки и другие ответственные детали турбин и компрессорных машин, работающие при повышенных температурах.

## Температура критических точек, °С [130]

$A_{c1}$	$A_{c3}$ ( $A_{cm}$ )	$A_{r3}$ ( $A_{rcm}$ )	$A_{r1}$
720	830	555	365

## Химический состав, % (ГОСТ 4543–71)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	P	S	Cu
							не более		
0,27–0,34	0,30–0,60	0,17–0,37	0,60–0,90	2,00–2,40	0,20–0,30	0,10–0,18	0,025	0,025	0,30



### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 680 °С, охл. на воздухе	25	—	785	880	10	40	88	—
ГОСТ 8479-70	Поковка. Закалка + отпуск	100-300 300-500	490	490	655	13	40	54	НВ 212-248
—	Пруток. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 200 °С, охл. на воздухе	15	—	1470	1710	11	50	58	НВ 212-248 HRC <sub>3</sub> , 49

### Механические свойства в зависимости от сечения [108]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	Ц	680	940	16	58	140
60	К	790	890	19	66	170
	Ц	740	900	20	65	170

Примечание. Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 680 °С, выдержка 1,5 ч.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [125]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
200	1460	1650	8	51	68	60
300	1400	1550	8	55	54	48
400	1310	1410	9	56	64	44
500	1190	1230	10	58	93	40

Примечание. Закалка с 860 °С в масле.

### Механические свойства образцов сечением 10 мм в зависимости от температуры испытания [125]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %	$\psi$ , %
250	1160	13	65
400	920	13	68
500	680	36	79

Примечание. Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 500 °С.

### Ударная вязкость КСУ [108]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-40	-60
Закалка с 860 °С в масле, отпуск при:			
200 °С	68	60	56
300 °С	55	50	46
400 °С	62	53	60
500 °С	82	70	61

### Технологические свойства [108]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Охлаждение замедленное.

## Прокаливаемость [130]

Термообработка	Критическая твердость <i>HRC<sub>c</sub></i>	Критический диаметр, мм, после заковки	
		в воде	в масле
Закалка с 860 °С	45-51	60	-
То же	37-42	-	60

## Сталь 36Х2Н2МФА

Заменитель — сталь 37ХНЗМФА.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 4543-71, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 8559-75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70. Труба ОСТ 14-21-77.

Назначение — для крупных ответственных деталей-дисков, крепежных болтов и т. д.

### Температура критических точек, °С [185]

<i>A<sub>c1</sub></i>	<i>A<sub>c3</sub> (A<sub>c<sub>m</sub>)</sub></i>	<i>A<sub>r3</sub> (A<sub>r<sub>m</sub>)</sub></i>	<i>A<sub>r1</sub></i>
740	780	400	300

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

С	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	P	S	Cu
							не более		
0,33-0,40	0,25-0,50	0,17-0,37	1,30-1,70	1,30-1,70	0,30-0,40	0,10-0,18	0,025	0,025	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$KCU_{1,2}$	Твердость <i>HV</i> , не более
				не менее					
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе	25	-	1080	1180	12	50	78	-
ГОСТ 8479-70	Поковка. Закалка + отпуск	500-800	640	640	785	10	30	39	248-293
		500-800	685	685	835	10	30	39	262-311
		300-500	735	735	880	11	30	39	277-321
		100-300	785	785	930	11	35	49	293-331
		300-500		785	930	10	30	39	293-331

### Механические свойства в зависимости от сечения [130]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе</i>						
50	Ц	1060	1180	17	56	123
80	Ц	920	1020	16	53	82
200	Ц	890	1040	16	50	64
200	К	940	1080	16	53	73
<i>Закалка с 860 °С в воде/масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе</i>						
120	Ц	1080	1190	15	53	91
160	Ц	1000	1140	14	52	85
160	К	1080	1190	15	56	101
240	Ц	900	1050	15	53	73
240	К	1080	1180	16	53	97

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [130]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>2</sub>
250	1460	1710	10	45	56	49
300	1440	1620	10	47	52	47
400	1350	1450	10	42	41	44
500	1220	1320	12	45	69	40
600	1020	1120	16	64	108	35

Примечание. Закалка с 850 °С в масле.

### Кратковременная теплопрочность [130]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
100	1080	1190	12	57
200	1010	1150	13	57
300	960	1070	13	59
400	920	980	15	63
500	780	830	14	74
600	490	560	23	86
700	170	200	38	—

Примечание. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе.

### Ударная вязкость КСУ [130]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	-20	-40	-60	-80
Закалка с 850 °С в масле; отпуск (охл. на воздухе) при:					
550 °С	78	71	64	53	48
600 °С	110	101	90	74	66

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1240, конца 780. Сечения до 50 мм охлаждаются в ящиках, сечения 51–700 мм подвергаются низкотемпературному отжигу с одним переохлаждением.

Свариваемость – трудносвариваемая.

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

## Сталь 34ХН3М

Заменитель — стали 35ХНВ, 35ХГНМ, 38Х2НМ, 34ХН1М, 34ХН3МА, 34ХН3МФА.

Вид поставки — поковка и кованая заготовка ГОСТ 8479—70.

Назначение — крупные особо ответственные детали с высокими требованиями к механическим свойствам.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>
720	790	490

### Химический состав, % (ТУ 24-1-12-179-75)

С	Мп	Si	Cr	Ni	S	P	Mo
					не более		
0,30—0,40	0,50—0,80	0,17—0,37	0,70—1,10	2,75—3,25	0,035	0,030	0,25—0,40

### Механические свойства поковок (ГОСТ 8479-70)

Термообработка	Сече- ние, мм	КП	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твер- дость НВ
			не менее					
Нормализация	100—300	640	640	785	12	38	49	248—293
	300—500	640	640	785	11	33	44	248—293
Закалка + отпуск	500—800				10	30	39	
	До 100	685	685	835	13	42	59	262—311
	100—300				12	38	49	262—311
Нормализация	300—500				11	33	39	
	До 100	735	735	880	13	40	59	277—321
Закалка + отпуск	100—300				12	35	49	
	300—500	735	735	880	11	30	39	277—321
Нормализация	500—800							
	До 100	735	735	880	11	30	39	277—321
Закалка + отпуск	100—300				12	35	49	
	300—500	735	735	880	11	30	39	277—321
Нормализация	500—800							
	До 100	735	735	880	11	30	39	277—321

### Механические свойства при повышенных температурах

t <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Пруток. Закалка с 850—870 °С в масле; отпуск при 690 °С, 5 ч;</i>					
<i>закалка с 850—870 °С в масле; отпуск при 630—650 °С, 1,5—2 ч, охл. на воздухе [81]</i>					
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	—
<i>Пруток. Закалка с 850—870 °С в масле; отпуск при 690 °С, 5 ч [77]</i>					
20	530	850	17	49	81
400	500	720	22	68	—
500	470	600	24	76	78
600	320	350	32	91	96
<i>Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм, кованый.</i>					
<i>Скорость деформирования 16 мм/мин, скорость деформации 0,009 1/с [81]</i>					
825	87	145	62	98	—
925	51	91	67	98	—
1025	36	66	72	100	—

## Ударная вязкость КСУ заготовок сечением 300 мм [81]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Закалка с 850–870 °С в масле; отпуск при 610–620 °С	105	64	72	72

### Предел выносливости [77, 179]

Термообработка	Характеристики прочности	σ <sub>-1</sub> , МПа
–	σ <sub>0,2</sub> = 850 МПа; σ <sub>в</sub> = 1010 МПа; НВ 293–311	397 (n = 10 <sup>7</sup> )
Нормализация при 850–870 °С, охл. на воздухе	σ <sub>0,2</sub> = 550 МПа; σ <sub>в</sub> = 800 МПа; НВ 220–230	358
Закалка с 840–860 °С в масле; отпуск при 580–620 °С	σ <sub>0,2</sub> = 840 МПа; σ <sub>в</sub> = 980 МПа; НВ 290–310	426

**Примечание.** Предел ползучести [77]: σ<sub>1/10000</sub><sup>450</sup> = 294 МПа; σ<sub>1/100000</sub><sup>450</sup> = 156 МПа; σ<sub>1/10000</sub><sup>500</sup> = 34 МПа; σ<sub>1/100000</sub><sup>500</sup> = 12 МПа.  
 Предел длительной прочности [77]: σ<sub>100000</sub><sup>450</sup> = 225 МПа; σ<sub>100000</sub><sup>500</sup> = 59–76 МПа; σ<sub>100000</sub><sup>550</sup> = 39 МПа; σ<sub>100000</sub><sup>575</sup> = 31 МПа.

### Технологические свойства [81, 83]

Температураковки, °С: начала 1240, конца 780. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–350 мм – в яме.

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки – РДС, ЭШС. Необходимы подогрев и последующая термообработка.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,8$  в отожженном состоянии при НВ 210–230 и σ<sub>в</sub> = 640 МПа.

Флокеночувствительность – повышено чувствительная.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

### Прокаливаемость [84]

Твердость HRC <sub>2</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка с 870 °С)					
1,5	6	12	18	30	48
52–54	49–51,5	48,5–51	48,5–51	48,5–51	48,5–51

### Сталь 38Х2НМ

Заменитель – стали 34ХН1М, 40ХН2МА.

Вид поставки – поковки и кованные заготовки ТУ 24.11.01.073–86.

Назначение – ответственные детали тяжелого и транспортного машиностроения типа осей, валов и другие высоконагруженные детали, а также детали, используемые в условиях низких температур.

### Химический состав, % (ТУ 24.11.01.073–86)

С	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	S	P
						не более	
0,32–0,42	0,50–0,80	0,17–0,37	1,80–2,30	0,60–0,90	0,20–0,30	0,030	0,030

## Механические свойства поковок (ТУ 24.11.01.073–86)

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытания, °С		Твердость НВ
		не менее				+20	-40	
Закалка с 850–870 °С; отпуск при 590–620 °С	До 300	680	830	12	38	50	35	255
	300–500	580	740	12	35	45	30	235
	500–800	530	700	10	30	40	30	223

Примечание. Механические свойства даны для продольных образцов, вырезанных на расстоянии 1/3R от поверхности сплошной поковки.

### Механические свойства в зависимости от сечения поковки и режима термообработки [137]

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытания, °С		Твердость НВ
		не менее				+20	-40	
Закалка с 870–890 °С; отпуск при 640–650 °С	До 270	600–650	720–780	18–21	58–64	100–120	–	237
	270–300	700–830	820–950	10–20	52–70	80–120	50–80	269
Нормализация при 870–890 °С, охл. на воздухе; отпуск при 620–630 °С	До 100	440	635	16	45	59	50	235
	100–300			14	40	54	40	
	300–500			13	35	50	35	
	500–800			12	30	40	30	
Закалка с 870–890 °С; отпуск при 620–630 °С	500–800	680–720	800–860	16–20	58–65	80–120	–	321
Нормализация при 870 °С; отпуск при 640 °С	До 600	600–670	700–740	21	54–60	80–120	–	207

### Предел выносливости при $n = 10^7$ [137]

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа
$\sigma_{0,2} = 690$ МПа, $\sigma_b = 870$ МПа	460

### Технологические свойства [137]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 900.

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

### Прокаливаемость [137]

Твердость HRC <sub>c</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка с 870 °С)					
1,5	3	9	20	40	60
51–58	51–58	51–58	48–57	46–55	42–52

## Сталь 38Х2НМФ

Заменитель – стали 4ХН1М, 40ХН2МА, 34ХН3М.

Вид поставки – поковки и кованые заготовки ТУ 24.11.01.073–86.

Назначение – ответственные детали тяжелого и транспортного машиностроения.

ния типа осей, валов и другие высоконагруженные детали, а также детали, используемые в условиях низких температур.

### Химический состав, % (ТУ 24.11.01.073–86)

С	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	S	P
							не более	
0,32–0,42	0,50–0,80	0,17–0,37	1,80–2,30	0,60–0,90	0,20–0,30	0,08–0,15	0,030	0,030

### Механические свойства поковок (ТУ 24.11.01.073–86)

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_a$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытания, °С		Твердость НВ
		не менее				+20	–40	
Закалка с 850–	До 300	700	850	12	38	50	35	262
870 °С + отпуск при	300–500	600	750	12	35	45	35	235
620–650 °С	500–800	550	700	10	30	40	30	223

П р и м е ч а н и е. Механические свойства даны для продольных образцов, вырезанных на расстоянии 1/3R от поверхности сплошной поковки.

### Механические свойства поковок [155]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
300	Ц	750	870	20	64	220	266
500	Ц	720	840	17	54	90	257
500	1/3R	700–760	800–900	14–16	50–54	100–160	266

П р и м е ч а н и е. Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 640–650 °С.

## СТАЛЬ КОНСТРУКЦИОННАЯ ТЕПЛОУСТОЙЧИВАЯ

### Сталь 12 К

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 5520–79, ГОСТ 19903–74.

Назначение — для изготовления деталей, частей котлов и сосудов, работающих под давлением при комнатной, повышенной и пониженной температурах.

### Химический состав, % (ГОСТ 5520–79)

С	Si	Mn	S	P	Cr	Cu	Ni	As
			не более					
0,08–0,16	0,17–0,37	0,40–0,70	0,04	0,04	0,30	0,30	0,30	0,08

### Механические свойства (ГОСТ 5520–79)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	
					+20 °С	после механического старения
не менее						
Лист категорий 2–5, 10, 11, 16, 18	До 20	225	350–440	24	78	39
	21–40	215				
	41–60	205				

## Предел текучести, не менее (ГОСТ 5520-79)

$\sigma_{0,2}$ , МПа, при температуре испытания, °С					
200	250	300	350	400	450
180	170	140	120	98	78

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [52]

$t_{исп.}$ , °С	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч
400	162	1/10000
480	64	1/10000
400	108	1/100000
480	31	1/100000

Режим испытания		Предел длительной прочности, МПа
длительность, ч	$t_{исп.}$ , °С	
10000	450	115
100000	450	69
200000	450	68
200000	480	33

## Технологические свойства [52]

Свариваемость — сваривается без ограничений.

## Сталь 15К

Заменитель — сталь 20К.

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 5520-79, ГОСТ 19903-74.

Назначение — фланцы, днища, цельнокованые и сварные барабаны паровых котлов, корпуса аппаратов и другие детали котлостроения и сосудов, работающих под давлением при температуре до 450 °С.

## Температура критических точек, °С [84]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
724	860	830	676

## Химический состав, % (ГОСТ 5520-79)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	As
					не более			
0,12-0,20	0,15-0,30	0,35-0,65	0,04	0,04	0,30	0,30	0,30	0,08

## Механические свойства (ГОСТ 5520-79)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	
					в состоянии поставки	после механического старения
					не менее	
Лист категорий 2-5, 10, 11, 16, 18	До 20	225	370-480	27	68	34
	21-40	215		26	64	29
	41-60	205		25	59	29



## Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Лист горячекатаный толщиной 37–40 мм [84]</i>					
20	225	420	30	56	62–103
100	195	390	—	—	88–167
200	195	470	—	—	73–137
300	165	470	—	—	64–113
400	160	370	—	60	54–78
500	155	250	—	61	44–73
<i>Лист толщиной 37–40 мм. Отжиг 880–900 °С [77]</i>					
20	245	400–430	30	55–60	73–98
200	180–225	350–500	17–28	43–62	83–118
300	145–185	350–510	24	52–60	78–93
400	140–175	320–400	22–33	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 обработки [135]

Состояние поставки	Тепловая обработка		$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	выдержка, ч	температура, °С					
Горячекатаное	20000	450	225	370	33	74	161
	40000	450	180	350	34	73	—
	20000	550	200	320	40	76	—

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [84]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Режим испытания		Предел длительной прочности, МПа
			длительность, ч	температура, °С	
400	108	1/100000	10000	450	127
450	94	1/10000	100000	450	93
450	63	1/100000	10000	500	76
—	—	—	100000	500	54

## Ударная вязкость КСУ [35]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-20	-40
Горячекатаное	88	49	39

## Предел текучести (ГОСТ 5520–79)

σ <sub>0,2</sub> , МПа, при температуре испытания, °С					
200	250	300	350	400	450
175	165	135	120	98	78

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1260, конца 750.

Свариваемость — сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокочувствительность — не чувствительна.

## Сталь 16К

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 5520–79, ГОСТ 19903–74.

Назначение — для изготовления деталей и частей котлов, сосудов, работающих под давлением при комнатной, повышенной и пониженной температурах.

### Химический состав, % (ГОСТ 5520–79)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	As
			не более					
0,12–0,20	0,17–0,37	0,45–0,75	0,04	0,04	0,30	0,30	0,30	0,08

### Механические свойства (ГОСТ 5520–79)

Состояние поставки	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	
					в состоянии поставки	после механического старения
					не менее	
Лист категорий 2–5, 10, 11, 16, 18	До 20	255	400–490	22	67	34
	21–40	245				
	41–60	235				

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [52]

$t_{исп}$ , °C	Предел пол- зучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Режим испытания		Предел длительной прочности, МПа
			длительность, ч	температура, °C	
400	162	1/10000	10000	450	115
480	64	1/10000	100000	450	69
400	108	1/100000	200000	450	68
480	31	1/100000	200000	480	63

### Предел текучести (ГОСТ 5520–79)

$\sigma_{0,2}$ , МПа, при температуре испытания, °C					
200	250	300	350	400	450
205	185	155	135	120	98

### Технологические свойства [52]

Свариваемость — сваривается без ограничений.

## Сталь 18К

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 5520–79, ГОСТ 19903–74.

Назначение — для изготовления деталей и частей котлов, сосудов, работающих под давлением при комнатной, повышенной и пониженной температурах.

### Химический состав, % (ГОСТ 5520–79)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	As
			не более					
0,14–0,22	0,17–0,37	0,55–0,85	0,04	0,04	0,30	0,30	0,30	0,08

### Механические свойства (ГОСТ 5520-79)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	
					в состоянии поставки	после механического старения
					не менее	
Лист категорий 2-5, 10, 11, 16, 18	До 20	275	430-520	20	59	29
	21-40	265				
	41-60	255				

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [52]

$t_{исп.}$ , °C	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Режим испытания		Предел длительной прочности, МПа
			длительность, ч	температура, °C	
400	162	1/10000	10000	450	115
480	64	1/10000	100000	450	69
400	108	1/100000	200000	450	68
480	31	1/100000	200000	480	63

### Предел текучести (ГОСТ 5520-79)

$\sigma_{0,2}$ , МПа, при температуре испытания, °C					
200	250	300	350	400	450
225	205	175	155	135	120

### Технологические свойства

Свариваемость — сваривается без ограничений [52].

### Сталь 20К

Заменитель — сталь 15К.

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 5520-79, ГОСТ 19903-74.

Назначение — фланцы, днища, цельнокованные и сварные барабаны паровых котлов, полумуфты, корпуса аппаратов и другие детали котлостроения и сосудов, работающие под давлением и при температуре до 450 °C.

### Температура критических точек, °C [77]

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
724	845	815	682

### Химический состав, % (ГОСТ 5520-79)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	As
0,16-0,24	0,15-0,30	0,35-0,65	0,04	0,04	0,30	0,30	0,30	0,08

### Механические свойства (ГОСТ 5520-79)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	
					в состоянии поставки	после механического старения
					не менее	
Лист категорий 2-5, 10, 11, 16, 18	До 20	245	400-510	25	59	29
	21-40	235		24	54	24
	41-60	225		23	49	24

### Механические свойства в горячекатаном состоянии в зависимости от тепловой выдержки [135]

Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
$\tau$ , ч	$t$ , °C					
10000	450	235-245	425	30-32	59-65	55-83
30000	450	235	395	32	62	82-125
40000	450	210	395	29-31	60-62	81-104
10000	500	185-215	350-360	27-31	65-68	75-137
30000	500	175-195	360	30-33	62-64	88-125

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания [77]

$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Лист горячекатаный толщиной 37-40 мм</i>					
20	215-245	400-440	30	56	62-103
100	195	390	20	47-55	88-167
200	195	-	15-17	39	73-137
300	165	-	23	44-51	64-113
400	165	370	24	61	54-78
500	155	250	23	61	44-73
600	59	110	31-37	73-81	59-225
<i>Лист толщиной 37-40 мм. Отжиг 880-900 °C</i>					
20	245	400-430	30	55-60	73-98
200	180-225	350-500	17-28	43-62	83-117
300	145-185	350-510	24	52-60	78-93
400	135-175	320-400	22-33	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 при испытании на длительную прочность [77]

$t_{исп}$ , °C	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп}$ , °C	Предел длительной прочности, МПа	Длительность испытания, ч
400	108	1/100000	450	127	10000
450	94	1/10000	450	93	100000
450	63	1/100000	500	76	10000
-	-	-	500	54	100000

### Предел текучести (ГОСТ 5520-79)

$\sigma_{0,2}$ , МПа, при температуре испытания, °C					
200	250	300	350	400	460
215	195	175	155	135	120

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °C: начала 1260, конца 750.

Свариваемость — сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

## Сталь 22К

Заменитель — сталь 25К.

Вид поставки — лист толстый ГОСТ 5520–79, ГОСТ 19903–79. Назначение — днища, фланцы, цельнокованые и сварные барабаны паровых котлов, полумуфты, патрубки и другие детали, работающие при температуре от –40 до 450 °С под давлением.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
724	845	815	682

### Химический состав, % (ГОСТ 5520–79)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	As
			не более					
0,19–0,26	0,17–0,40	0,7–1,0	0,035	0,040	0,30	0,30	0,30	0,08

### Механические свойства (ГОСТ 5520–79)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	
					в состоянии поставки	после механического старения
					не менее	
Лист категорий 2–5, 10, 11, 16, 18	До 60 Св. 60	265 255	430–590 –	22 –	59 –	29 –

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания [81]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>
<i>Лист горячекатаный толщиной 37–40 мм</i>					
20	245–295	500–520	22–26	50–61	83–113
100	225–275	460–490	–	–	69
200	215–265	–	–	–	39–108
300	215–235	–	–	–	22–103
400	225	450–470	–	59–63	49–76
500	195	280–310	19–29	60–68	44–60
800	110–130	135–165	20–34	66–68	53–71
<i>Лист толщиной 60–70 мм, нагрев 930 °С, выдержка 2 ч, охл. со скоростью 80–100 град/ч. Отпуск при 600–650 °С, охл. со скоростью 50 град/ч</i>					
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

## Продолжение

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
Образец прокатанный толщиной 6 мм, длиной 30 мм. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,09 1/с					
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 в зависимости от тепловой выдержки [135]

Термообработка	Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	$\tau, \text{ч}$	$t, ^\circ\text{C}$					
Нагрев при 920–940 °С, охлаждение 100 град/ч, отпуск при 600 °С 5 ч, охл. со скоростью 50 град/ч	20000	450	230	470	29	59	82
	30000	450	240	470	25	59	—
	20000	500	230	440	31	64	98
	30000	550	255	435	34	64	78

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [135]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел пол- зучести, МПа	Скорость пол- зучести, %/ч	$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа	Длительность испытания, ч
400	132	1/100000	450	139	10000
400	208	1/10000	450	98	100000
450	63	1/100000	500	59	100000
450	94	1/10000	525	47	100000

## Ударная вязкость [135]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> при температуре, °С		
	+20	-20	-40
Лист толщиной 30–70 мм, нагрев при 930 °С, выдержка 2 ч, охл. со скоростью 80–100 град/ч, отпуск при 600–650 °С, охл. со скоростью 50 град/ч	118–157	77–113	11–138

## Предел текучести (ГОСТ 5520–79)

$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$ , при температуре испытания, °С				
200	260	300	320	350
215	205	190	185	185

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1280, конца 700. Сечения до 400 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — ограниченно свариваемая. Способ сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка. ЭПШС, затем последующая термообработка.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

## Коррозионные свойства в воде [81]

Температура, °С	Глубина, мм/год
565	0,08–0,13
600	0,44–0,70

## Сталь 12МХ

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 20072–74, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–75. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Труба ГОСТ 550–75. Поковка и ковровая заготовка ГОСТ 1133–71.

Назначение – различные детали, работающие при температуре до 530 °С.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub> (Ac <sub>m</sub> )	Ar <sub>3</sub> (Ar <sub>m</sub> )	Ar <sub>1</sub>
723	885	803	715

### Химический состав, % (ГОСТ 20072–74)

С	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	S	P	Cu	W	V	Ti
0,09–0,16	0,40–0,70	0,17–0,37	0,40–0,70	0,40–0,60	0,30	0,025	0,030	0,20	0,20	0,05	0,03

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
			не менее					
ГОСТ 20072–74	Пруток. Нормализация при 910–930 °С, охл. на воздухе; отпуск при 670–690 °С, охл. на воздухе	90	235	410	21	45	59	–
ГОСТ 550–75	Труба бесшовная горячедеформированная термообработанная	2–25	245	410	21	45	69	156
[81]	Лист. Закалка с 900–920 °С в воде; отпуск при 670–720 °С, охл. на воздухе	4–60 61–125	235 235	440 440	24 18	– 32	59 49	182 –

### Механические свойства при повышенных температурах [77]

t <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	280	445	32	67	189
200	250	450	20	62	184
300	290	480	20	57	157
400	250	450	23	62	178
500	235	400	22	62	94
550	220	360	22	64	77
600	220	310	26	64	142

П р и м е ч а н и е. Трубы диаметром 273 мм с толщиной стенки 28 мм. Нормализация при 920 °С, охл. на воздухе; отпуск при 680–690 °С, охл. на воздухе.

## Механические свойства при испытании на длительную прочность (ГОСТ 20072-74)

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура, °С	Предел длительной прочности, МПа	Длительность, ч	Температура, °С
216	1/10000	480	245	10000	480
147	1/100000	480	196	100000	480
69	1/100000	510	157	10000	510
34	1/100000	540	118	100000	510
			108	10000	540
			69	100000	540

### Чувствительность к охрупчиванию при старении [86]

Время, ч	Температура, °С	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
Исходное состояние	—	186
2000	480	181
	540	176

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1260, конца 750.

Свариваемость — сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДО под газовой защитой, КТС. Рекомендуется подогрев и последующая термическая обработка [81].

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,4$  в нормализованном и отпущенном состоянии при  $HV 138$  и  $\sigma_b = 460$  МПа [81].

Флокеночувствительность — чувствительна [127].

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна [77].

## Сталь 12Х1МФ

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 20072-74, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2590-88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Лист толстый ГОСТ 5520-79. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 4405-75. Поковка и ковья заготовка ГОСТ 1133-71.

Назначение — для изготовления деталей, работающих при температуре 540–580 °С.

### Температура критических точек, °С [81]

A <sub>c1</sub>	A <sub>c3</sub> (A <sub>c<sub>m</sub></sub> )	A <sub>r3</sub> (A <sub>r<sub>c<sub>m</sub></sub>)</sub>	A <sub>r1</sub>	M <sub>n</sub> [105]
760	890	825	730	430

### Химический состав, % (ГОСТ 20072-74)

C	Mn	Si	Cr	V	Mo	Ni	S	P	Cu
						не более			
0,08–0,15	0,40–0,70	0,17–0,37	0,90–1,20	0,15–0,30	0,25–0,35	0,30	0,025	0,030	0,20



### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				не менее					
ГОСТ 20072-74	Пруток. Нормализация при 960-980°C, охл. на воздухе; отпуск при 700-750°C, охл. на воздухе	90	-	255	470	21	55	98	-
ГОСТ 5520-79	Лист 2; 3; 16; 18-й категории термобработанный	4-40	-	294	440-588	21	-	78	-
ГОСТ 8479-70	Поковка. Нормализация	До 100	215	215	430	24	53	54	123-167
		100-300				20	48	49	
		300-500				18	40	44	
		500-800				16	35	39	
		100-300	245	245	470	19	42	39	143-179
		300-500				17	35	34	

### Механические свойства при испытании на длительную прочность (ГОСТ 20072-74)

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура, °C	Предел длительной прочности, МПа	Длительность, ч	Температура, °C
177	1/10000	520	196	10000	520
127	1/100000	520	157	100000	520
116	1/10000	560	137	10000	560
82	1/100000	560	106	100000	560
88	1/10000	580	118	10000	580
61	1/100000	580	88-98	100000	580

### Чувствительность к охрупчиванию при старении [81]

Время, ч	Температура, °C	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
Исходное состояние	-	176
3000	600	235
5000	625	245

### Механические свойства при повышенных температурах [81, 77]

$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Нормализация при 950-1030 °C; отпуск при 680-760 °C</i>					
20	320-450	510-580	25-33	67-77	147-196
480	330	480-490	22	75	137
500	315-325	435-470	18-20	67-74	-
520	315-325	430-450	21-24	75	108
560	215-315	305-500	20-26	78-84	127
580	205-245	295-440	22-28	66-84	-
600	185-265	225-440	23-38	74-85	-
<i>Труба диаметром 273 мм с толщиной стенки 29 мм. Нормализация при 980-1000 °C; отпуск при 740-760 °C</i>					
20	305	490	23-33	71-74	127-157
100	285	450	27	73	235
200	255	450	23	71	235
300	225	480	19	66	181
400	215	430	24	73	147
450	205	390	25	80	-
480	225	410	28	78	127
500	205	345	25	81	132
540	225	355	28	83	137
600	175	215	25	87	235

Продолжение

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
Образец продольный (из трубы) диаметром 6 мм, длиной 30 мм. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с					
850	73	82	36	85	—
900	51	66	44	97	—
950	44	60	54	98	—
1000	35	50	60	100	—
1050	30	42	56	100	—
1100	23	31	58	100	—
1150	14	18	55	100	—

### Технологические свойства [81]

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1240, конца 780. Сечения до 50 мм охлаждаются в штабелях, сечения 51–100 мм – в ящиках, сечения 500–600 мм подвергаются низкотемпературному отжигу.

Свариваемость – ограничено свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка.

Обработываемость резанием –  $K_{у.б.ст} = 1,35$  и  $K_{у.тв.спл} = 1,50$  в нормализованном и отпущенном состоянии при  $HB > 138$  и  $\sigma_b = 460$  МПа.

### Жаростойкость [81]

Среда	Температура, $^\circ\text{C}$	Длительность испытания, ч	Глубина, мм/год
Воздух	585	—	0,07
	625	—	0,491
	650	5000	0,509–1,2

### Сталь 25Х1МФ

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 20072–74, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Полоса ГОСТ 20072–74, ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Поковка и ковчаная заготовка ГОСТ 20072–74, ГОСТ 1133–71.

Назначение – различные детали, работающие при температуре до 540  $^\circ\text{C}$ . Крепежные детали, работающие при температуре от –40 до +500  $^\circ\text{C}$ .

### Температура критических точек, $^\circ\text{C}$ [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$ ( $A_{c_m}$ )	$A_{r3}$ ( $A_{r_m}$ )	$A_{r1}$	$M_n$ [146]
760	840	770	685	345

### Химический состав, % (ГОСТ 20072–74)

C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	S	P	Cu
						не более			
0,22–0,29	0,40–0,70	0,17–0,37	1,50–1,80	0,25–0,35	0,15–0,30	0,30	0,025	0,030	0,020

## Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
			не менее					
ГОСТ 20072-74	Пруток. Закалка с 880-900 °С в масле; отпуск при 640-660 °С, охл. на воздухе	90	735	880	14	50	59	-
		90	665	780	16	50	59	-
	-	810-870	940-980	17	51-58	-	-	
	[182] Поковка. Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 515 °С, охл. на воздухе	250	780	930	10	40	49	285-321
		350	690	860	12	45	59	269-302
	450	590	780	14	45	59	241-277	
	Закалка с 930-950 °С в масле; отпуск при 620-660 °С, охл. на воздухе	20-180	670	780	16	50	59	-

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [77]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
540	1220	1270	13	58	-
570	1190	1230	16	61	-
<b>600</b>	<b>1150</b>	<b>1190</b>	<b>18</b>	<b>61</b>	<b>78</b>
<b>630</b>	<b>1060</b>	<b>1120</b>	<b>19</b>	<b>62</b>	<b>78</b>
660	880	960	19	69	127

Примечание. Закалка с 910-920 °С в масле.

### Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Отжиг при 920 °С [85]</i>					
20	400	540	24	75	-
500	260	380	23	79	-
550	240	330	24	82	-
<i>Закалка с 930-950 °С в масле; отпуск при 620-660 °С [81]</i>					
20	790-1000	880-1050	16-19	60-64	78-98
400	610	710	17	68	-
450	590	690	17	71	-
500	580	620	19	75	-
550	490	550	20	78	-

## Механические свойства при 20 °С в зависимости от тепловой выдержки [77]

Термообработка	Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ <sub>1,2</sub> Дж/см <sup>2</sup>
	t, °С	$\tau$ , ч					
Закалка с 950 °С в масле; отпуск при 620 °С	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 при 1000 °С, охл. на воздухе; отпуск при 650 °С	450	3000	800	970	15	52	41–49
	500	3000	870	980	15	60	41

П р и м е ч а н и е. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 372\text{--}470$  МПа при  $n = 5 \cdot 10^6$  ( $\sigma_{0,2} = 790\text{--}1000$  МПа;  $\sigma_b = 880\text{--}1050$  МПа. Закалка с 940 °С, в масле; отпуск при 640 °С).

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [85] (ГОСТ 20072–74)

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура, °С	Предел длительной прочности, МПа	Длительность, ч	Температура, °С
78	1/100000	500	255–284	10000	500
88	1/10000	550	98–147	10000	550
29	1/100000	550			

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 850. Сечения до 60 мм охлаждаются в штабелях на воздухе, сечения 61–200 мм подвергаются низкотемпературному отжигу.

Свариваемость – трудносвариваемая. Способы сварки: РДС и АДС.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,7$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,25$  в нормализованном и отпущенном состоянии при  $HV < 300$ .

Флокеночувствительность – чувствительна [127].

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна [127].

## Прокаливаемость [127]

Твердость HRC, на расстоянии от торца, мм								
5	10	15	20	25	30	40	50	60
45–50,5	42,5–49,5	38,5–48	35,5–46,5	34–44,5	32,5–41,5	31–39,5	30–39,5	29,5–39,5

## Сталь 25Х2М1Ф

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 20072–74, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 1133–71, ГОСТ 8479–70.

Назначение – крепежные детали, работающие при температуре до 535 °С, плоские пружины, болты, шпильки и другие детали.

### Температура критических точек, °C [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$ ( $A_{c,m}$ )	$A_{r3}$ ( $A_{r,m}$ )	$A_{r1}$
780	870	790	700

### Химический состав, % (ГОСТ 20072-74)

C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	S	P	Cu
не более									
0,22-0,29	0,40-0,70	0,17-0,37	2,10-2,60	0,90-1,10	0,30-0,50	0,30	0,025	0,030	0,20

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
				МПа	МПа	%	%		
ГОСТ 20072-74	Пруток. Нормализация при 1030-1050 °C, охл. на воздухе; нормализация при 950-970 °C, охл. на воздухе; отпуск при 680-720 °C, охл. на воздухе	90	-	670	780	12	50	49	-
ГОСТ 8479-70	Нормализация	100-300	490	490	655	13	40	54	212-248
	Закалка + отпуск	100-300	590	590	735	13	40	49	235-277
	Нормализация	До 100	685	685	835	13	42	59	262-311
	Закалка + отпуск	100-300				12	35	49	

### Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Пруток. Нормализация при 1030-1050 °C, охл. на воздухе; отпуск при 650-660 °C, 6 ч, охл. на воздухе; при 20 °C НВ 285-302</i>					
20	780-1050	880-1160	11-21	39-70	62
100	780-980	880-1010	13-18	38-60	-
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
<i>Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм, кованный.</i>					
<i>Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с [81]</i>					
800	265	275	29	72	-
850	255	265	35	86	-
900	215	225	34	90	-
950	125	140	40	93	-
1000	83	93	60	92	-
1100	53	61	61	81	-
1200	32	37	55	84	-
1250	27	28	58	100	-

**Механические свойства в зависимости  
от тепловой выдержки и температуры испытания [179]**

Термообработка	Тепловая выдержка		$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_a$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	$t$ , °С	$\tau$ , ч						
Нормализация при 1030–1050 °С, отпуск при 650 °С, 6 ч	550	3000	20	840	960	15	54	65
	550	3000	550	610	640	14	59	84
	550	6000	20	810	910	13	54	63
	550	6000	550	580	600	15	60	126
Нормализация при 1030–1050 °С, отпуск при 650 °С, 6 ч	575	3000	20	720	850	14	58	66
	575	3000	550	530	580	15	66	127
	575	6000	20	570	700	18	66	111
	575	6000	550	450	500	17	69	167

**Механические свойства при испытании на длительную прочность  
(ГОСТ 20072–74)**

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура, °С	Предел длительной прочности, МПа	Длительность, ч	Температура, °С
69	1/100000	550	118	10000	550
			137	100000	550 [81]
			157	20000	550 [77]
			216	10000	550 [77]

**Ударная вязкость КСУ [85]**

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Нормализация при 1030–1050 °С; нормализация при 950–970 °С; отпуск при 650–660 °С, 6 ч, охл. на воздухе	98–225	88–137	69–137	59–108

**Предел выносливости при  $n = 10^7$  [77]**

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа
Нормализация при 1040 °С; отпуск при 650 °С, 6 ч, охл. на воздухе; $\sigma_{0,2} = 980$ МПа, $\sigma_a = 1080$ МПа	461

**Технологические свойства [81]**

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обработываемость резанием –  $K_{v,б.ст} = 0,25$  и  $K_{v,тв.стл} = 0,60$  в нормализованном и отпущенном состоянии при  $HВ < 300$  и  $\sigma_B = 1030$  МПа.

**Жаростойкость [179]**

Среда	Температура, °С	Длительность испытания, ч	Глубина, мм/год
Пар	550	500	0,18
	550	300	0,25
	550	100	0,51

## Сталь 20ХЗМФ

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 20072–74, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение – крепеж и другие детали, работающие при температуре до 540–560 °С.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub> (Ac <sub>m</sub> )	Ar <sub>3</sub> (Arc <sub>m</sub> )	Ar <sub>1</sub>
815	925	795	690

### Химический состав, % (ГОСТ 20072–74)

С	Mn	Si	Cr	W	Mo	V	Ni	S	P	Cu
							не более			
0,15–0,23	0,25–0,50	0,17–0,37	2,80–3,30	0,30–0,50	0,35–0,55	0,60–0,85	0,30	0,025	0,030	0,20

### Механические свойства (ГОСТ 20072–74)

Термообработка	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
		не менее				
Закалка с 1030–1060 °С в масле; отпуск при 660–700 °С, охл. на воздухе	90	735	880	12	40	59

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

t <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Диски диаметром 600–1000 мм, толщиной 100–150 мм.</i>					
<i>Закалка с 1050 °С в масле; отпуск при 700 °С (образцы тангенциальные)</i>					
20	730–810	870–910	13	45–50	34–44
200	700	780	12	55	67
300	700	780	10	39	88
400	660	720	10	33	83
500	580–610	600–630	–	44–52	78
550	510–550	530–560	10–12	44	59–78
580	480–500	490–540	11	27–40	59–78
<i>Поковка ротора из 47-т слитка, с диаметром бочки 965–1075 мм.</i>					
<i>Нормализация при 1050 °С; закалка с 1000 °С в масле;</i>					
<i>отпуск при 670 °С, охл. с печью до 150 °С (образцы тангенциальные)</i>					
20	590–690	690–780	12–18	41–68	39–108
300	510–600	600–680	11–15	54–61	108–122
400	500–590	550–560	13–16	57–65	98–118
500	450–570	470–570	15–20	69–72	88–118
550	400–510	410–520	12–21	65–80	88–118
600	340–450	360–460	18–23	70–84	88–108
<i>Образец диаметром 6 мм, длиной 80 мм, кованый и нормализованный.</i>					
<i>Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с</i>					
1000	49	72	56	100	–
1050	31	49	68	100	–
1100	22	45	66	100	–
1150	15	26	77	100	–
1200	17	27	79	100	–

## Механические свойства при испытании на длительную прочность (ГОСТ 20072-74)

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура, °С	Предел длительной прочности, МПа	Длительность, ч	Температура, °С
177	1/10000	500	333	10000	500
147	1/100000	500	294	100000	500
127	1/10000	550	196	10000	650
98	1/100000	550	157	100000	550
49	1/100000	580	137	10000	580
			98	100000	580

### Чувствительность к охрупчиванию при старении [81]

Время, ч	Температура, °С	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	Исх. состояние	44
10000	500	73
10000	550	49
5000	600	73

### Предел выносливости при $n = 10^7$ [77]

Состояние поставки	$\sigma_{-1}$ , МПа
Поковка ротора, диаметр бочки 860 мм. Отжиг при 950 °С; нормализация при 1100 °С; закалка с 980-1020 °С в масле; отпуск при 660-680 °С; $\sigma_{0,2} = 640$ МПа, $\sigma_b = 760$ МПа	314-333

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1240, конца 780. Сечения до 50 мм охлаждаются в ящиках, сечения 51-700 мм подвергаются отжигу с одним переохлаждением.

Свариваемость - ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС - необходимы подогрев и последующая термообработка, КТС.

Обработываемость резанием -  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,1$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,5$  в отожженном состоянии при  $HВ 157$  и  $\sigma_b = 530$  МПа.

## Сталь 15Х5М

Вид поставки - сортовой прокат, в том числе фасонный по ГОСТ 20072-74, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88. Калиброванный прутки ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 7417-75. Лист толстый ГОСТ 7350-77. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 4405-75. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133-71. Труба ГОСТ 550-75, ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8734-75, ГОСТ 9567-75.

Назначение - трубы, задвижки, крепеж и другие детали, от которых требуется сопротивляемость окислению при температуре до 600-650 °С.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$ ( $A_{c_m}$ )	$A_{r3}$ ( $A_{r_m}$ )	$A_{r1}$
815	848	775	718



### Химический состав, % (ГОСТ 20072–74)

C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	S	P	Cu	W	V	Ti
не более					не более						
0,15	0,5	0,5	4,5–6,0	0,45–0,60	0,6	0,025	0,030	0,20	0,3	0,05	0,03

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твер- дость НВ, не более
			МПа	МПа	%	%		
ГОСТ 20072–74	Прутки. Отжиг при 840–860 °С, охл. с пещью	90	215	390	22	50	118	–
ГОСТ 7350–77	Лист горячекатаный или холоднокатаный. Отжиг при 840–870 °С, охл. на воздухе	25	236	470	18	–	–	–
ГОСТ 550–75	Труба горячедеформированная, термообработанная	2–25	216	392	22	50	118	170
	Труба холодно- и теплодеформированная, термообработанная	2–25	216	392	22	–	–	170
	Труба горячедеформированная. Нормализация + отпуск	2–25		588	16	65	98	235

### Механические свойства при повышенных температурах [82]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
<i>Поковка диаметром 280 мм.</i>				
<i>Нормализация при 1000 °С, охл. на воздухе;</i>				
<i>отпуск при 700 °С, охл. на воздухе</i>				
20	660	800	16	50
200	580	680	15	68
300	550	670	15	65
400	530	630	14	64
450	520	620	16	70
500	465	550	19	75
550	390	500	22	82
600	300	415	22	84
<i>Образцы из труб толщиной 10–12 мм.</i>				
<i>Нормализация, отпуск</i>				
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 [70]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>c</sub>
200	990	1260	16	63	125	35
400	1010	1220	18	64	112	35
450	1020	1230	20	65	123	37
500	1120	1250	16	64	92	35
550	760	850	19	73	250	20

П р и м е ч а н и е. Образцы. Закалка с 900 °С, охл. на воздухе.

## Механические свойства при испытании на длительную прочность (ГОСТ 20072-74)

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура, °С	Предел длительной прочности, МПа	Длительность, ч	Температура, °С
103	1/10000	480	177	10000	480
64	1/10000	640	98	10000	540
69	1/100000	480	147	100000	480
39	1/100000	540	74	100000	540

### Ударная вязкость КСУ [85]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-25 (-20)	-40	-60
Отжиг при 860 °С, охл. с печью	245	222	136	—
Нормализация при 1000 °С; отпуск при 700 °С [70]	281	306	288	—
Закалка с 900 °С, охл. на воздухе; отпуск при 600 °С [70]	—	(284)	—	216

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Сечения до 800 мм подвергаются отжигу с перекристаллизацией и одному переохлаждению.

Свариваемость — трудносвариваемые. Способ сварки — РДС. Необходимы подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_v$ <sub>тв.спл</sub> = 2,7 и  $K_v$ <sub>б.ст</sub> = 2,0 в горячекатаном состоянии при  $HV$  170 и  $\sigma_B$  = 390 МПа.

Флокеночувствительность — чувствительна [82].

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна [82].

### Коррозионная стойкость [30]

Среда	Температура, °С	Длительность испытания, ч	Глубина, мм/год
Вода дистиллированная	300	50	0,033
	500		0,190
	600		0,784

## Сталь 15ХМ

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 10702-78. Калиброванный прутки ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 1051-73, ГОСТ 10702-78. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 14955-77, ГОСТ 4543-71. Полоса ГОСТ 103-76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 8479-70, ГОСТ 1133-71. Труба ГОСТ 8731-74, ГОСТ 8733-74, ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8734-75.

Назначение — различные детали, работающие при температуре от -40 до 560 °С под давлением.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$ ( $A_{cm}$ )
740	875

### Химический состав, % (ГОСТ 4543-71)

C	Mn	Si	Cr	Mo	P	S	Cu	Ni
					не более			
0,11-0,18	0,40-0,70	0,17-0,37	0,80-1,10	0,40-0,55	0,035	0,035	0,30	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более	
				не менее						
ГОСТ 4543-71	Пруток. Нормализация при 880 °С, охл. на воздухе; отпуск при 650 °С, охл. на воздухе	30	—	275	440	21	55	118	—	
ГОСТ 8479-70	Поковка. Нормализация + отпуск	До 100	195	195	390	26	55	59	111-156	
		100-300				23	50	54		
		До 100	215	215	430	24	53	54		123-167
		100-300				20	48	49		
		До 100	245	245	470	22	48	49		143-179
		100-300				19	42	39		
	До 100	275	275	530	20	40	44	156-197		
	100-300				17	38	34			
			300-500			15	32	29		
			До 100	315	315	570	17	38	39	167-207
			До 100	345	345	590	18	45	59	
		Поковка. Закалка + отпуск	100-300	345	345	590	17	40	54	174-217
		До 100	395	395	615	17	45	59	187-229	
			440	440	635	16	45	59		
			490	490	655	16	45	59		212-248

### Механические свойства при повышенных температурах [77]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
20	345	530	26	67	265
350	220	500	22	67	245
400	245	495	24	69	162
450	245	480	22	74	167
500	265	440	20	76	—
520	265	410	20	62-82	—
550	245	410	21	79	—
600	240	305	22	51-77	—

Примечание. Нормализация при 900-920 °С, охл. на воздухе; отпуск при 630-650 °С.

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура, °С	Предел длительной прочности, МПа	Длительность, ч	Температура, °С
78	1/10000	500	186	10000	475
132	1/1000	525	152	10000	500
54	1/10000	525	108	10000	525
44	1/10000	550	74	10000	550
167	1/1000	475			
88-98	1/10000	475			

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1260, конца 750. Сечения до 200 мм охлаждаются на воздухе, сечения 201–700 мм подвергаются низкотемпературному отжигу.

Свариваемость – сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой, КТС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием –  $K_{у, б.ст} = 1,4$  и  $K_{у, тв.спл} = 1,6$  в нормализованном и отпущенном состоянии при  $HV 138$  и  $\sigma_b = 460$  МПа.

Флоксочувствительность – чувствительна [127].

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна [127].

## СТАЛЬ КОНСТРУКЦИОННАЯ ПОДШИПНИКОВАЯ

### Сталь ШХ15

Заменитель – стали ШХ9, ШХ12, ШХ15СГ.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный по ГОСТ 801–78, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76. Проволока ГОСТ 4727–83.

Назначение – шарики диаметром до 150 мм, ролики диаметром до 23 мм, кольца подшипников с толщиной стенки до 14 мм, втулки плунжеров, плунжеры, нагнетательные клапаны, корпуса распылителей, ролики толкателей и другие детали, от которых требуется высокая твердость, износостойкость и контактная прочность.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c_m}$	$A_{rc_m}$	$A_{r1}$	$M_n$ [140]
724	900	713	700	210

### Химический состав, % (ГОСТ 801–78)

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu
				не более			
0,95–1,05	0,20–0,40	0,17–0,37	1,30–1,65	0,020	0,027	0,30	0,25

### Механические свойства [104, 88]

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость, не более
		не менее					
Отжиг при 800 °С, охл. с печью до 730 °С, затем до 650 °С со скоростью 10–20 град/ч на воздухе	–	370–410	590–730	15–25	35–55	44	HV 179–207
Закалка с 810 °С в воде до 200 °С, затем в масле; отпуск при 150 °С, охл. на воздухе	30–60	1670	2160	–	–	5	HRC <sub>c</sub> 62–65

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [82]

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость	
						HRC <sub>2</sub>	HB
<i>Закалка с 840 °С в масле</i>							
200	1960–2200	2160–2550	–	–	–	61–63	–
300	1670–1760	2300–2450	–	–	–	56–58	–
400	1270–1370	1810–1910	–	–	–	50–52	–
450	1180–1270	1620–1710	–	–	–	46–48	–
<i>Закалка с 860 °С в масле</i>							
400	–	1570	–	–	15	–	480
500	1030	1278	8	34	20	–	400
550	900	1080	8	36	24	–	360
600	780	930	10	40	34	–	325
650	690	780	16	48	54	–	280

### Механические свойства в зависимости от температуры испытаний

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Нагрев при 1150 °С и охлаждение до температур испытаний [82]</i>					
800	–	130	35	43	–
900	–	88	43	50	–
1000	–	59	42	50	–
1100	–	39	40	50	–
<i>Образец диаметром 6 мм и длиной 30 мм, деформированный и отожженный. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с [81]</i>					
1000	32	42	61	100	–
1050	28	48	62	100	–
1100	20	29	72	100	–
1150	17	25	61	100	–
1200	18	22	76	100	–
<i>Закалка с 830 °С в масле; отпуск при 150 °С, 1,5 ч [89]</i>					
25	–	2550	–	–	88
–25	–	2650	–	–	69
–40	–	2600	–	–	64

### Предел выносливости при $n = 10^6$ [82]

Термообработка	Твердость HB	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$
Отжиг	192	333
Закалка с 830 °С; отпуск при 150 °С, охл. в масле	616	804

### Теплостойкость [82]

Температура, °С	Время, ч	Твердость HRC <sub>2</sub>
150–160	1	63

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1150, конца 800. Сечения до 250 мм охлаждаются на воздухе, сечения 251–350 мм – в яме.

Свариваемость – способ сварки КТС.

Обработываемость резанием –  $K_{у\text{ тв.спл}} = 0,90$  и  $K_{у\text{ б.ст}} = 0,36$  в горячекатаном состоянии при HB 202 и  $\sigma_B = 740$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

Флокеночувствительность – чувствительна.

Шлифуемость – хорошая.

## Прокаливаемость [82, 69]

Полоса прокаливаемости для стали ШХ15 приведена на рис. 29.

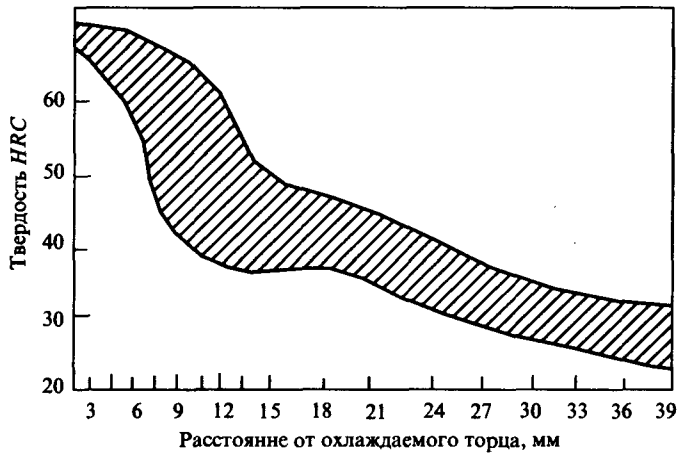


Рис. 29. Полоса прокаливаемости стали ШХ15

## Сталь ШХ15СГ

Заменитель — стали ХВГ, ШХ15, 9ХС, ХВСГ.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 801–78, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 801–78, ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76.

Назначение — крупногабаритные кольца шарико- и роликоподшипников со стенками толщиной более 20–30 мм; шарики диаметром более 50 мм; ролики диаметром более 35 мм.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{cm}$	$A_{r1}$	$M_n$
750	910	688	205

### Химический состав, % (ГОСТ 801–78)

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu
				не более			
0,95–1,05	0,90–1,20	0,40–0,65	1,30–1,65	0,020	0,027	0,30	0,25

## Механические свойства [82]

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость
	не менее					
Отжиг при 790–810 °С, охл. с печи до 730 °С, от 730 до 650 °С со скоростью 10–20 град/ч, далее на воздухе (отжиг изотермический)	370–410	590–730	15–25	35–55	44	HB 179–217
Закалка с 810–840 °С в масле; отпуск при 150 °С, охл. на воздухе	–	1960–2350	–	–	3–7	HRC <sub>2</sub> 61–65

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [81]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	Твердость HRC <sub>2</sub>
160	2250–2370	1960–2350	62–65
200	2130–2280	2160–2550	60–62
250	2120–2200	–	59–61
300	1860–2040	–	58–59
330	1850–1950	–	56–57

Примечание. Закалка с 820 °С в масле.

## Предел выносливости при $n = 4 \cdot 10^7$ [60, 85]

Твердость HB после закалки и отпуска	$\sigma_{-1}$ , МПа
621–643	559
643–659	696
616–627	657
587–601	637

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1150, конца 800. Сечения до 250 мм охлаждаются на воздухе, сечения 251–350 мм – в яме.

Свариваемость – способ сварки КТС.

Обработываемость резанием –  $K_{y_{тв.спл}} = 0,9$  и  $K_{y_{б.ст}} = 0,36$  в горячекатаном состоянии при HB 202 и  $\sigma_b = 740$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

Флокеночувствительность – чувствительна.

## Прокаливаемость

Полоса прокаливаемости для стали ШХ15СГ приведена на рис. 30.

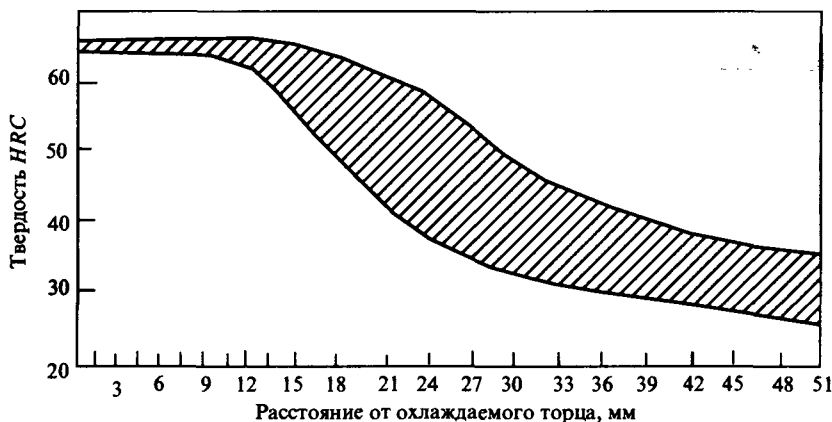


Рис. 30. Полоса прокаливаемости стали ШХ15СГ

### Сталь 95Х18

Вид поставки – поковка по ГОСТ 8479–76. Сортовой прокат ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 1133–71, ГОСТ 7417–75. Полоса ГОСТ 103–76. Заготовка квадратная ГОСТ 4693–77.

Назначение – кольца, шарики и ролики подшипников, втулки, оси, стержни и другие детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и износостойкости и работающие при температуре до 500 °С или подвергающиеся действию умеренных агрессивных сред (морской или речной воды, щелочных растворов, азотной и уксусной кислоты и др.).

#### Температура критических точек, °С [162]

$A_{c1}$	$A_{c_m}$	$A_{r1}$
965	–	765

#### Химический состав, % [162]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S
				не более			
0,9–1,0	≤0,8	≤0,7	17,0–19,0	0,3	0,3	0,02	0,02

#### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1180, конца 850.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.стл}} = 0,86$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,35$ , металл отожженный  $HV\ 212\text{--}217$  и  $\sigma_B = 710$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Флокеночувствительность – не чувствительна.



## Сталь ШХ4

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 801–78, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 801–78, ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 801–78, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76.

Назначение — кольца железнодорожных подшипников.

### Химический состав, % (ГОСТ 801–78)

С	Si	Mn	Cr	S	P	Ni	Cu
				не более			
0,95–1,05	0,15–0,30	0,15–0,30	0,35–0,50	0,020	0,027	0,30	0,25

### Механические свойства колец при 20 °С [160]

Термообработка	$\sigma_{сж}$ , МПа, поверхности	Твердость $HRC_3$	
		поверхности	сердцевины
Поверхностная закалка ТВЧ с 840–860 °С, выдержка не менее 45 с, охл. интенсивным потоком воды	500–700	Не менее 61	37–42

## СТАЛЬ КОНСТРУКЦИОННАЯ РЕССОРНО-ПРУЖИННАЯ

### Сталь 65

Заменитель — стали 60, 70.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 14959–79, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 74190.0–90, ГОСТ 7419.1–90, ГОСТ 7419.3–90, ГОСТ 7419.5–90 — ГОСТ 7419.8–90. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 7419.0–90, ГОСТ 7419.1–90, ГОСТ 7419.3–90, ГОСТ 7419.5–90 — ГОСТ 7419.8–90. Лента ГОСТ 1530–78, ГОСТ 2284–79. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75, ГОСТ 1577–93, ГОСТ 82–70, ГОСТ 7419.2–90, ГОСТ 7419.4–90. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133–71. Проволока ГОСТ 9389–75. Лист толстый ГОСТ 1577–93, ГОСТ 19903–74.

Назначение — рессоры, пружины и другие детали, от которых требуются повышенные прочностные и упругие свойства, износостойкость; детали, работающие в условиях трения при наличии высоких статических и вибрационных нагрузок.

### Температура критических точек, °С [173]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
727	752	730	696	285

### Химический состав, % (ГОСТ 14959–79)

С	Mn	Si	Cr	S	P	Cu	Ni
			не более				
0,62–0,70	0,50–0,80	0,17–0,37	0,25	0,035	0,035	0,20	0,25

## Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
			не менее			
ГОСТ 14959-79	Сталь категорий: 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б. Закалка с 830 °С в масле; отпуск при 470 °С		785	980	10	35
ГОСТ 2284-79	Лента холоднокатаная отожженная	0,1-4	-	450-750	(10)	-
[140]	Нормализация при 820 °С, охл. на воздухе; отжиг при 820 °С	-	415	820	(19)	33
		-	415	810	(22)	33

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [2]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость $HRC_2$
400	810	1220	5	-	45
500	760	1130	13	40	32
600	650	930	18	52	23

Примечание. Закалка с 800 °С в масле (сечение 12 мм).

### Механические свойства при повышенных температурах [163]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость $HB$
100	690	16	-	185
200	640	14	19	185
300	730	18	20	185
400	600	22	25	170
500	450	27	35	140
600	280	33	50	120

Примечание. Закалка с 800 °С в масле; отпуск при 600-620 °С.

### Предел выносливости [140, 2]

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа, не менее
$\sigma_{0,2} = 350$ МПа, $\sigma_b = 770$ МПа	296
$\sigma_b = 840$ МПа	466

Примечание. Образцы диаметром 15 мм.

### Технологические свойства [140]

Температура ковки, °С: начала 1230, конца 830. Охлаждение на воздухе.

Свариваемость - не применяется для сварных конструкций.

Склонность к отпускной хрупкости - не склонна.

### Прокаливаемость [140]

Твердость $HRC_2$ на расстоянии от торца, мм (закалка с 810 °С)									
2,5	5	7,6	10	15	20	25	30	35	45
61	38	36,5	35,5	34	32	30,5	29	27,5	24

## Сталь 70

Заменитель – сталь 65Г.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 14959–79, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 7419.0–90, ГОСТ 7419.1–90, ГОСТ 7419.3–90, ГОСТ 7419.5–90 – ГОСТ 7419.8–90. Калиброванный пруткок ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруткок и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 7419.0–90, ГОСТ 7419.1–90, ГОСТ 7419.3–90, ГОСТ 7419.5–90–ГОСТ 7419.8–90. Лист толстый ГОСТ 1577–93, ГОСТ 19903–74. Лента ГОСТ 1530–78, ГОСТ 2284–79, ГОСТ 21996–76, ГОСТ 21997–76. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 74194–90, ГОСТ 7419.2–90, ГОСТ 82–70. Проволока ГОСТ 9389–75. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133–71.

Назначение – рессоры, пружины и другие детали, от которых требуются повышенные прочностные и упругие свойства, а также износостойкость.

### Температура критических точек, °С [82]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
730	743	727	693

### Химический состав, % (ГОСТ 14959–79)

C	Mn	Si	Cr	Cu	Ni	P	S
			не более				
0,67–0,75	0,50–0,80	0,17–0,37	0,25	0,20	0,25	0,035	0,035

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub>	σ <sub>b</sub>	δ <sub>5</sub>	ψ	Твердость НВ, не более
			не менее				
ГОСТ 14959–79	Сталь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б: закалка с 830 °С в масле, отпуск при 470 °С	Образцы	835	1030	9	30	–
[159]	Нормализация	–	510	910	17	29	262
[158]	Проволока. Закалка с 920 °С в масле с температурой 40 °С, выдержка 1 мин; отпуск при 500 °С, выдержка 15 мин	6,5	–	1240	7	47	315

Примечание. Предел выносливости [82]  $\sigma_{-1} = 466$  МПа при  $n = 10^6$ ; закалка 830 °С; отпуск 550–600 °С,  $\sigma_b = 840$  МПа.

### Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций. КТС с последующей термообработкой.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,7$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,6$  при НВ 183–241.

Флокеночувствительность – малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Заменитель — стали 70, 80, 85.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный ГОСТ, 14959—79, ГОСТ 2590—88, ГОСТ 2591—88, ГОСТ 2879—88, ГОСТ 7419.0—90, ГОСТ 7419.1—90, ГОСТ 7419.3—90, ГОСТ 7419.5—90 — ГОСТ 7419.8—90. Калиброванный пруток ГОСТ 7417—75, ГОСТ 8559—75, ГОСТ 8560—78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955—77, ГОСТ 7419.0—90, ГОСТ 7419.1—90, ГОСТ 7419.3—90, ГОСТ 7419.5—90 — ГОСТ 7419.8—90. Полоса ГОСТ 103—76, ГОСТ 4405—75, ГОСТ 7419.2—90, ГОСТ 7419.4—90, ГОСТ 82—70. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 1133—71.

Назначение — круглые и плоские пружины различных размеров, пружины клапанов двигателя автомобиля, пружины амортизаторов, рессоры, замковые шайбы, диски сцепления, эксцентрики, шпиндели, регулировочные прокладки и другие детали, работающие в условиях трения и под действием статических и вибрационных нагрузок.

**Температура критических точек, °С [81]**

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r1}$
720	735	700

**Химический состав, % (ГОСТ 14959—79)**

C	Mn	Si	Cr	P	S	Cu	Ni
0,72—0,80	0,50—0,80	0,17—0,37	0,25	0,035	0,035	0,20	0,25

**Механические свойства образцов (ГОСТ 14959—79)**

Состояние поставки, режим термообработки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
	не менее			
Сталь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б. Закалка с 820 °С в масле; отпуск при 470 °С	885	1080	9	30

**Предел выносливости [162, 81]**

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
Закалка с 820 °С в масле; отпуск при 480 °С, охл. на воздухе; $\sigma_{0,2} = 880$ МПа, $\sigma_b = 1080$ МПа	392	—
	—	343—392

**Технологические свойства [81]**

Температураковки, °С: начала 1180, конца 800. Сечения до 220 мм охлаждаются в колодцах.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций. КТС с последующей термообработкой.

Флокеночувствительность — малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь 85

Заменитель – стали 70, 75, 80.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 14959–79, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 7419.0–90, ГОСТ 7419.1–90, ГОСТ 7419.3–90, ГОСТ 7419.5–90 – ГОСТ 7419.8–90. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 7419.0–90, ГОСТ 7419.1–90, ГОСТ 7419.3–90, ГОСТ 7419.5–90 – ГОСТ 7419.8–90. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75, ГОСТ 7419.2–90, ГОСТ 7419.4–90, ГОСТ 82–70. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 1133–71. Лента 2283–79.

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

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>m</sub>	Ar <sub>1</sub>
720	730	700

### Химический состав, % (ГОСТ 14959–79)

C	Mn	Si	Cr	P	S	Cu	Ni
			не более				
0,82–0,90	0,50–0,80	0,17–0,37	0,25	0,035	0,035	0,20	0,25

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	Твердость
			не менее				
ГОСТ 14959–79	Сталь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б. Закалка с 820 °С в масле, отпуск при 470 °С	–	980	1130	8	30	–
[158]	Проволока. Закалка с 920 °С, охл. в масле с температурой 40 °С, выдержка 1 мин; отпуск при 500 °С, выдержка 15 мин	6,5	–	1540	5	42	Св. HB 399
[14]	Проволока. Закалка с 1000 °С в воде; закалка с 870 °С в воде; отпуск при 250 °С	1,0	1650	1750	9	–	HRC <sub>c</sub> , св. 47

Примечание. Для проволоки предел выносливости [84]  $\tau_{-1} = 343\text{--}392$  МПа,  $\sigma_{0,2} = 640\text{--}880$  МПа,  $\sigma_b = 910\text{--}1320$  МПа.

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 800. Сечения до 220 мм охлаждаются в колодцах.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Флокеночувствительность – малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

## Сталь 60Г

Заменитель — сталь 65Г.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 14959-79, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 7419.0-90 — ГОСТ 7419.8-90. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77, ГОСТ 7419.0-90 — ГОСТ 7419.8-90. Лист толстый ГОСТ 1577-93. Лента ГОСТ 2283-79, ГОСТ 1530-78. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 4405-75. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133-71.

Назначение — плоские и круглые пружины, рессоры, пружинные кольца и другие детали пружинного типа, от которых требуются высокие упругие свойства и износостойкость; бандажи, тормозные барабаны и ленты, скобы, втулки и другие детали общего и тяжелого машиностроения.

### Температура критических точек, °С [2]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
726	765	741	689	270

### Химический состав, % (ГОСТ 14959-79)

C	Mn	Si	Cr	Cu	Ni	P	S
0,57-0,65	0,70-1,00	0,17-0,37	0,25	0,20	0,25	0,035	0,035
			не более				

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сече- ние, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	Твердость, не более
			не менее				
ГОСТ 14959-79	Сталь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б. Закалка с 830 °С в мас- ле; отпуск при 470 °С	—	785	980	8	30	—
[84]	Закалка с 790-810 °С в воде; отпуск при 360- 400 °С, охл. на возду- хе	20	1180	1370	5	10	HRC, 42-47
	Закалка с 800-820 °С в воде; отпуск при 530- 600 °С, охл. на воздухе	60	640	830	9	37	HRC, 30-35
[87]	Нормализация	80	390	780	11	35	HB 229

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [84]

t <sub>отп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	Твердость HB
400	1460	1710	2	5	440
500	1270	1460	4	10	420
600	1120	1240	7	16	380
700	980	1130	5	22	350

П р и м е ч а н и е. Закалка 950 °С в масле (образец плоский 34 × 9,5 мм).

## Ударная вязкость КСУ в зависимости от температуры испытания [84]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С					
	500	300	20	-20	-40	-70
Отжиг при 1000 °С	23	33	14	7	7	4
Закалка с 830 °С в воде; отпуск при 650 °С	50	100	110	27	23	12

П р и м е ч а н и е. Предел выносливости [84]  $\sigma_{-1} = 529$  МПа при  $\sigma_{0,2} = 1180$  МПа;  $\sigma_B = 1370$  МПа, *HV* 373–435. Закалка с 800 °С. Отпуск при 380 °С.

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций. Ограниченно сваривается контактным способом [91].

Обрабатываемость резанием –  $K_{v\text{ тв.спл}} = 0,63$  и  $K_{v\text{ б.ст}} = 0,72$  в закаленном и отпущенном состоянии при  $\sigma_B = 800\text{--}920$  МПа [100].

Флокеночувствительность – малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна при содержании Mn > 1 %.

### Прокаливаемость [84, 50]

Твердость HRC <sub>a</sub> на расстоянии от торца, мм									
1,5	3	6	9	12	15	18	21	24	36
62,5	62,5	61	58	54	47	39,5	35	35,5	35,5

П р и м е ч а н и е. Термообработка – закалка; критический диаметр после закалки в масле 20 мм.

## Сталь 65Г

Заменитель – стали 70, У8А, 70Г, 60С2А, 9ХС, 50ХФА, 60С2, 55С2.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный ГОСТ 14959–79, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90. Калиброванный пруток ГОСТ 1051–73, ГОСТ 14959–79, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90. Лист толстый ГОСТ 1577–93. Лента ГОСТ 2283–79, ГОСТ 1530–78, ГОСТ 21996–76, ГОСТ 21997–76, ГОСТ 10234–77, ГОСТ 19039–73. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Проволока ГОСТ 11850–72. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133–71.

Назначение – пружины, рессоры, упорные шайбы, тормозные ленты, фрикционные диски, шестерни, фланцы, корпуса подшипников, зажимные и подающие цанги и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости, и детали, работающие без ударных нагрузок.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub> [105]
721	745	720	670	270

### Химический состав, % (ГОСТ 14959-79)

C	Mn	Si	Cr	P	S	Cu	Ni
			не более				
0,62-0,70	0,90-1,20	0,17-0,37	0,25	0,035	0,035	0,20	0,25

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость $HRC_s$ , не более
			не менее				
ГОСТ 14959-79	Сталь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б. Закалка с 830 °С в масле; отпуск при 470 °С	Образцы	785	980	8	30	-
ГОСТ 1577-93	Лист нормализованный и горячекатаный:	80	-	730	12	-	-
[81]	Закалка с 800-820 °С в масле; отпуск при 340-380 °С, охл. на воздухе	20	1220	1470	5	10	44-49
	Закалка с 790-820 °С в масле; отпуск при 550-580 °С, охл. на воздухе	60	690	880	8	30	30-35

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [84]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость $HRC_s$
200	1790	2200	4	30	5	61
400	1450	1670	8	48	29	46
600	850	880	15	51	76	30

Примечание. Закалка с 830 °С в масле.

### Механические свойства при повышенных температурах [126]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
200	1370	1670	15	44
300	1220	1370	19	52
400	980	1000	20	70

Примечание. Закалка с 830 °С в масле; отпуск при 350 °С.

### Ударная вязкость KCU [81]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	20	0	-20	-30	-70
Закалка с 830 °С; отпуск при 480 °С	110	69	27	23	12

### Предел выносливости [140]

Состояние поставки	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
Закалка с 810 °С в масле; отпуск при 400 °С	725	431
Закалка с 810 °С в масле; отпуск при 500 °С	480	284
$\sigma_{0,2} = 1220$ МПа, $\sigma_b = 1470$ МПа, НВ 393-454 [84]	578	-
$\sigma_{0,2} = 1280$ МПа, $\sigma_b = 1420$ МПа, НВ 420	647	-
$\sigma_{0,2} = 1440$ МПа, $\sigma_b = 1690$ МПа, НВ 450	725	-



## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 780–760. Охлаждение заготовок сечением до 100 мм производится на воздухе, сечением 101–300 мм – в мульде.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций, КТС – без ограничений.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна при содержании Mn > 1 %.

Флокеночувствительность – малочувствительна.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,85$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,80$  в закаленном и отпущенном состоянии при  $HV\ 240$  и  $\sigma_b = 820$  МПа.

## Прокаливаемость [69]

Полоса прокаливаемости для стали 65Г после закалки с 800 °С приведена на рис. 31.

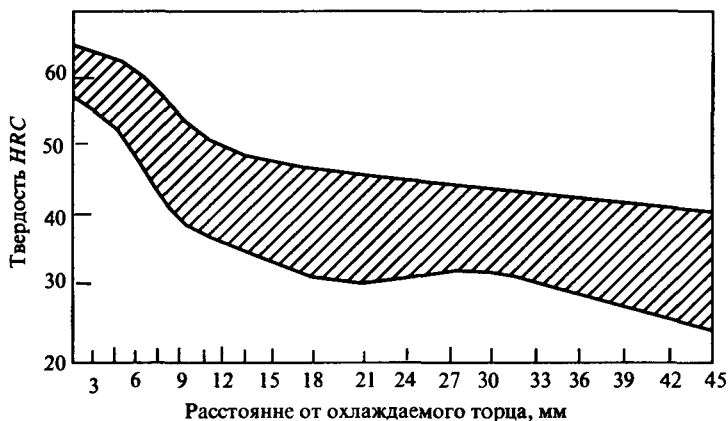


Рис. 31. Полоса прокаливаемости стали 65Г

### Критический диаметр $d$

Критическая твердость, HRC <sub>s</sub>	Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки с 800 °С	
		в воде	в масле
52–54	50	30–57	10–31
59–61	90	До 38	До 16

## Сталь 55С2

Заменитель – стали 50С2, 60С2, 35Х2АФ.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 14959–79, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90. Калиброванный пруток ГОСТ 14959–79, ГОСТ 7417–78, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 14959–79, ГОСТ 1133–71.

Назначение – пружины и рессоры, применяемые в автомобилестроении, тракторостроении, железнодорожном транспорте и других отраслях машиностроения.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub> [105]
755	810	770	690	272

### Химический состав, % (ГОСТ 14959–79)

C	Mn	Si	Cr	Cu	Ni	P	S
			не более				
0,52–0,60	0,60–0,90	1,5–2,0	0,30	0,20	0,25	0,035	0,035

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU <sub>1</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость, не более
		не менее					
ГОСТ 14959–79	Сталь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б: Закалка с 870 °С в масле или в воде; отпуск при 470 °С	1175	1270	6	30	–	–
[92]	Отжиг при 750–780 °С, охл. с печью; Нормализация при 840 °С	440	760	21	42	16	HВ 222
[82]	Изотермическая закалка с 870 °С, охл. в расплавленной соли при температуре:						
	300 °С	1220	1640	8	–	–	HRC <sub>c</sub> 47
	360 °С	1110	1350	–	–	85	HRC <sub>c</sub> 42

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [128]

t <sub>отп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>c</sub>
<i>Закалка</i>						
350	1860	2030	7	31	23	50
400	1830	1910	9	36	27	48
450	1470	1530	11	46	41	44
500	1130	1220	12	47	48	41
550	1060	1180	13	50	56	34
<i>Образцы диаметром 17–22 мм.</i>						
<i>Отжиг при 900 °С, 2 ч;</i>						
<i>закалка с 850 °С, в масле, охл. после отпуска в печи с 2-ч выдержкой [4]</i>						
300*	1960	2250	5	20	–	–
400	1670	1830	8	39	–	–
500	1270	1350	12	39	–	–
600	830	1080	15	42	–	–

\* Охлаждение после отпуска в селитре 2 ч.

## Предел выносливости [7]

Термообработка	Характеристики прочности	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 400–460 °С	$\sigma_b = 1270$ МПа [81]	421	294
	$\sigma_{0,2} = 1050$ МПа, $\sigma_b = 1200$ МПа	598	–
	$\sigma_{0,2} = 1300$ МПа, $\sigma_b = 1400$ МПа	720	–
	$\sigma_{0,2} = 1690$ МПа, $\sigma_b = 1710$ МПа	769	–

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Охлаждение заготовок сечением до 250 мм на воздухе, сечением 251–300 мм – в яме.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,65$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,33$  в горячекатаном состоянии при  $HV\ 255–269$ .

Флокочувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

## Прокаливаемость (ГОСТ 14959–79) [69]

Твердость $HRC_s$ на расстоянии от торца, мм (закалка с 850 °С)									
1,5	3	4,5	6	9	12	15	18	27	39
58–66	56–64	51,5–62	47,5–59	38,5–55	35–49,5	33–44,5	31–41,5	28–37,5	27–35,5

## Критический диаметр $d$

Количество мартенсита, %	Критическая твердость, $HRC_s$	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
50	49–52	57–98	31–57
90	55–58	71	40

## Сталь 60С2

Заменитель – стали 55С2, 50ХФА.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 14959–79, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Лента ГОСТ 2283–79. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 1133–71. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90, ГОСТ 14959–79.

Назначение – тяжело нагруженные пружины, торсионные валы, пружинные кольца, цанги, фрикционные диски, шайбы пружинные.

## Температура критических точек, °С [81]

$A_{C_1}$	$A_{C_2}$	$A_{r_3}$	$A_{r_1}$	$M_n$ [138]
770	820	770	700	305

### Химический состав, % (ГОСТ 14959-79)

C	Mn	Si	Cr	Cu	Ni	P	S
			не более				
0,57-0,65	0,60-0,90	1,5-2,0	0,30	0,20	0,25	0,035	0,035

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
		не менее					
ГОСТ 14959-79	Сталь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б: Закалка с 870 °С в масле; отпуск при 470 °С	1175	1270	6	25	-	-
[81]	Изотермическая закалка при 860-880 °С, охл. в расплавленной соли при 310-330 °С; отпуск при 310-330 °С, охл. на воздухе	1590	1760	12	50	62	HRC, 47-50
[82]	Пружины. Навивка при 850-950 °С. Закалка с 850-870 °С в масле; отпуск при 430-460 °С, охл. на воздухе	Не определяются					388-477
	Рессоры. Закалка с 850-870 °С в масле; отпуск при 400-450 °С, охл. на воздухе	То же					387-418

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [2]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
300	-	5	27	20	465
400	1680	7	34	20	425
500	1300	10	42	23	345
600	1030	17	48	-	295

Примечание. Закалка с 850 °С в масле; отпуск.

### Механические свойства при повышенных температурах [77]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
Заготовка диаметром 17 мм.					
Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 550 °С [77]					
20	1100	1270	11-13	33	24
300	930	1220	15	44	43
400	820	950	19	71	44
500	510	590	23	87	43
Образцы диаметром 10 мм, длиной 50 мм после прокатки [81]. Скорость деформирования 20 мм/мин; скорость деформации 0,007 1/с					
800	83	97	66	97	-
900	55	67	62	96	-
1000	35	42	61	100	-
1100	20	26	78	100	-
1200	12	15	90	100	-

$t_{\text{хол}}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 425 °С, охл. на воздухе [84]					
200	1370	1670	10	40	—
300	1220	1550	20	55	—
400	1080	1270	25	75	—

### Предел выносливости при $n = 5 \cdot 10^6$

Характеристики прочности	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$\tau_{-1}, \text{МПа}$
$\sigma_B = 1380 \text{ МПа}$ ; закалка с 860 °С в масле; отпуск при 400–550 °С [82]	490	294
$\sigma_{0,2} = 1370 \text{ МПа}$ , $\sigma_B = 1580 \text{ МПа}$ [88]	421	—

### Ударная вязкость КСУ [84]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	–30	–60
Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 425 °С	37	30	27

### Технологические свойства [84]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Охлаждение заготовок сечением до 250 мм на воздухе, сечением 251–350 мм – в яме.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обрабатываемость резанием –  $K_v, \text{тв.спл} = 0,70$  и  $K_v, \text{б.ст} = 0,27$  в горячекатаном состоянии при  $HV 270\text{--}320$ ,  $\sigma_B = 1080 \text{ МПа}$ .

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

### Прокаливаемость (ГОСТ 14959–79) [69]

Полоса прокаливаемости для стали 60С2 приведена на рис. 32.

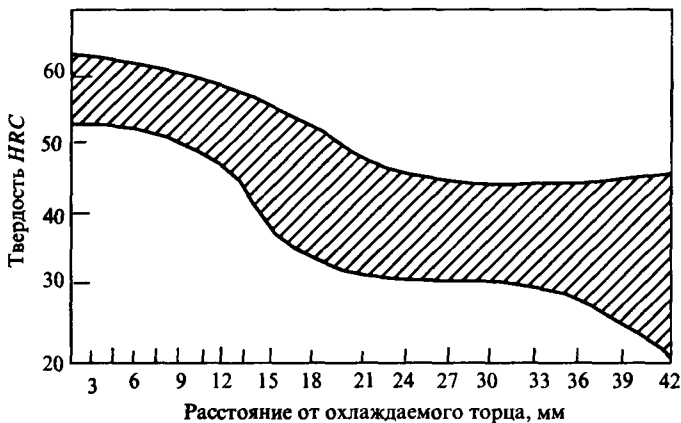


Рис. 32. Полоса прокаливаемости стали 60С2

### Критический диаметр $d$

Количество мартенсита, %	Критическая твердость, $HRC_3$	$d$ , мм, после закалки с 850 °С	
		в воде	в масле
50	52–53	47–82	24–53
90	58–60	60	36

### Сталь 60С2А

Заменитель – стали 60С2Н2А, 60С2Г, 50ХФА.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 14959–79, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90. Калиброванный прутосток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Лента ГОСТ 2283–79, ГОСТ 21997–76. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Проволока ГОСТ 14963–78. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133–71, ГОСТ 14959–79. Шлифованный прутосток и серебрянка ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90, ГОСТ 14955–77.

Назначение – тяжелонагруженные пружины, торсионные валы, пружинные кольца, цанги, фрикционные диски, шайбы Гровера и др.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [88]
770	820	770	700	305

### Химический состав, % (ГОСТ 14959–79)

С	Mn	Si	Cr	Cu	Ni	S	P
			не более				
0,58–0,63	0,60–0,90	1,6–2,0	0,30	0,20	0,25	0,025	0,025

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$KCU, 2$ Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
			не менее					
ГОСТ 14959–79	Сталь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б: Закалка с 870 °С в масле; отпуск при 420 °С	–	1375	1570	6	20	–	–
[128]	Изотермическая закалка с 860–880 °С, охл. в расплавленной соли при 310–330 °С; отпуск при 310–330 °С, охл. на воздух	10	1570	1770	12	50	62	$HRC_3$ , 47–50

Продолжение

Источник	Состояние постковки	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
			не менее					
[82]	Пружины. Навивка при 850–950 °С; закалка с 850–870 °С в масле; отпуск при 430–460 °С, охл. на воздухе Рессоры. Закалка с 850–870 °С в масле; отпуск при 400–450 °С, охл. на воздухе		Не определяются				388–477	
				То же				387–418

**Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [88]**

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
300	1960	2160	2	36	10	462
400	1470	1670	7	39	18	425
500	1080	1290	10	42	29	340
600	730	1030	17	48	–	298

Примечание. Закалка с 850 °С в масле; отпуск.

**Механические свойства при повышенных температурах**

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Прутки диаметром 17 мм.</i>					
<i>Закалка с 860 °С в масле;</i>					
<i>отпуск при 550 °С, 3 ч, твердость НВ 340–364 [179]</i>					
20	1090	1270	11–13	33	24
300	930	1220	15	44	43
400	820	950	19	71	44
500	510	590	23	87	43
<i>Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 425 °С [126]</i>					
20	1570	1710	10	46	32
200	1370	1670	13	40	34
300	1270	1570	20	58	–
400	1080	1220	22	71	–

**Предел выносливости [128]**

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
Изотермическая закалка, выдержка при 330 °С, 1 ч + отпуск при 300 °С, 1 ч; $\sigma_b = 1680$ МПа	686	10 <sup>6</sup>
Закалка + отпуск при 420 °С; $\sigma_b = 1810$ МПа	637	10 <sup>6</sup>
Закалка в масле; отпуск при 400 °С; $\sigma_{0,2} = 1760$ МПа, $\sigma_b = 1900$ МПа	500	–

**Ударная вязкость КСУ [144]**

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
	+20	–70
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 460 °С, 1 ч, охл. на воздухе	39	34

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Сечения до 250 мм охлаждаются на воздухе, сечения 251–350 мм – в яме.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,70$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,27$  в горячекатаном состоянии при  $HV\ 270\text{--}320$  и  $\sigma_b = 1080$  МПа.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

### Прокаливаемость (ГОСТ 14959–79) [69]

Твердость $HRC_2$ на расстоянии от торца, мм (закалка с 850 °С)									
1,5	3	4,5	6	9	12	15	18	27	39
60–67	59–67	57–66	54–65	44,5–63	38,5–60	35,5–56	34–52,5	30–43,5	27–39,5

### Критический диаметр $d$

Критическая твердость, $HRC_2$	Количество мартенсита, %	$d$ , мм, после закалки с 850 °С	
		в воде	в масле
51–53	50	47–82	24–53
58–60	90	60	36

### Сталь 70С3А

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный ГОСТ 14959–79, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Проволока ГОСТ 14963–78. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133–71.

Назначение – тяжелонагруженные пружины ответственного назначения.

### Температура критических точек, °С [105]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$M_n$
765	780	270

### Химический состав, % (ГОСТ 14959–79)

C	Mn	Si	Cr	Cu	Ni	P	S
			не более				
0,66–0,74	0,60–0,90	2,4–2,8	0,30	0,20	0,25	0,025	0,025



## Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость HRC <sub>3</sub> , не более
			не менее				
ГОСТ 14959-79	Сталь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б; Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 470 °С	Образцы	1470	1670	6	25	-
[97]	Прутки кованый. Отжиг; изотермическая закалка при 900 °С с выдержкой: при 320 °С	15-16	-	1060	2	13	60
	при 340 °С	15-16	-	1270	4	15	49
[82]	Пружина. Отжиг при 840-850 °С; наевка при 850-880 °С; закалка с 850-880 °С в масле; отпуск при 460-470 °С		Не определяются				HВ 388-445

### Механические свойства в зависимости от температуры испытаний [126]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
20	1540	1780	10	-	24
200	1440	1710	12	32	29
300	1270	1620	16	32	-
400	1220	1400	20	65	-

Примечание. Закалка с 830 °С в масле; отпуск при 450 °С.

### Механические свойства поковок сечением 16-29 мм в зависимости от температуры отпуска [97]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
250	1520	1740	-	10	-	90
350	1520	1740	7	17	27	56
450	1220	1690	6	-	37	49

Примечание. Отжиг; закалка с 900 °С.

### Технологические свойства [84]

Температура ковки, °С: начала 1100, конца 800.

Склонность к отпускной хрупкости - склонна.

## Сталь 55ХГР

Вид поставки - сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 14959-79, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 7419.0-90 - ГОСТ 7419.8-90. Калиброванный прутки ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133-71.

Назначение - для изготовления рессорной полосовой стали толщиной 3-24 мм.

### Температура критических точек, °С [128]

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$M_n$
750	790	260

### Химический состав, % (ГОСТ 14959-79)

C	Mn	Si	Cr	V	P	S	Cu	Ni
не более								
0,52-0,60	0,90-1,20	0,17-0,37	0,90-1,20	0,001-0,003	0,035	0,035	0,20	0,25

### Механические свойства (ГОСТ 14959-79)

Состояние поставки, режим термообработки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
	не менее			
Сталь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б, 4В, 4Г, 4Д, 4Е, 4Ж, 4З, 4И, 4К, 4Л, 4М, 4Н, 4О, 4П, 4Р, 4С, 4Т, 4У, 4Ф, 4Х, 4Ц, 4Ч, 4Ш, 4Щ, 4Ъ, 4Ы, 4Ь, 4Э, 4Ю, 4Я. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 470 °С	1175	1270	7	35

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [128]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>0</sub>
350	1760	1910	7	38	51	51
400	1620	1810	7	40	54	49
450	1420	1570	9	41	59	45
500	1180	1370	11	47	71	41
550	1080	1180	12	51	85	37

Примечание. Закалка с 830 °С в масле.

### Предел выносливости [128]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа
Закалка с 870 °С; отпуск при 490-510 °С, HRC <sub>0</sub> 42-44	343-353
Закалка с 940 °С; отпуск при 490-510 °С	392

### Прокаливаемость [129]

Твердость HRC <sub>0</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка с 850 °С)						
3	9	15	21	27	33	39
60	60	60	61	60,5	59,5	59

### Сталь 50ХФА

Заменитель – стали 60С2А, 50ХГФА, 9ХС.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 14959-79, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88, ГОСТ 7419.0-90 – ГОСТ 7419.8-90. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77, ГОСТ 7419.0-90 – ГОСТ 7419.8-90. Лента ГОСТ 2283-79. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 4405-75. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70.

Назначение – тяжело нагруженные ответственные детали, к которым предъявляются требования высокой усталостной прочности, пружины, работающие при температуре до 300 °С и другие детали.

### Температура критических точек, °С [138]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
752	788	746	688	300

### Химический состав, % (ГОСТ 14959-79)

C	Mn	Si	Cr	V	Cu	Ni	S	P
0,46-0,54	0,50-0,80	0,17-0,37	0,80-1,10	0,10-0,20	не более			
					0,20	0,25	0,025	0,025

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub> , не более
			МПа	МПа	%	%		
ГОСТ 14959-79	Сталь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б: закалка с 850 °С в масле; отпуск при 470 °С	Образцы	1080	1270	8	35	-	-
ГОСТ 8479-70	Поковка. Закалка + отпуск	100-300	685	835	12	38	49	НВ 262-311
[136]	Изотермическая закалка при 870 °С, охл. в расплавленной соли при 320-330 °С; отпуск при 330 °С, охл. на воздухе	20	1430	1570	6	45	60	44-60
[82]	Пружина. Закалка с 840-860 °С; отпуск при 420-450 °С, охл. на воздухе	15	1270	1470	12	40	-	44-49
[136]	Отжиг:							
	полный	-	420	710	16	56	-	-
	изотермический	-	350	650	20	58	-	-
	сфероидизирующий	-	350	570	22	71	-	-

### Ударная вязкость KCU при -25 °С [84]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при:	
450 °С	31
550 °С	37
600 °С	67

### Механические свойства при температурах испытания

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 640 °С [84]				
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

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 480 °С. При 20 °С твердость HRC <sub>3</sub> 42–44 [138]				
20	1370	1470	10	42
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 [2]**

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	Твердость HB
20	1200	1320	12	42	385
40	1030	1180	15	47	350
60	860	1060	18	50	300

Примечание. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 500 °С.

**Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [81]**

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	Твердость HRC <sub>3</sub>
–	1580	1940	1	–	62–54
200	1760	2010	2	–	50–51
300	1640	1690	2	–	48–49
450	–	1580	4	36	45–47
500	–	1370	8	54	43–44

Примечание. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 500 °С.

**Предел выносливости [84]**

Термообработка	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$\tau_{-1}, \text{МПа}$
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 420 °С	676	519
Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 475 °С, $\sigma_{0,2} = 1590 \text{ МПа}, \sigma_b = 1630 \text{ МПа}, \text{HB } 485$	666	–
Закалка с 850 °С; отпуск при 500 °С, $\sigma_{0,2} = 1430 \text{ МПа},$ $\sigma_b = 1570 \text{ МПа} [128]$	725	–

**Предел ползучести [84]**

Примечание.  $\sigma_{1/10000}^{425} = 196 \text{ МПа}; \sigma_{1/100000}^{425} = 67 \text{ МПа}; \sigma_{1/10000}^{550} = 27\text{--}32 \text{ МПа}; \sigma_{1/100000}^{550} = 10\text{--}14 \text{ МПа}.$

**Технологические свойства [81]**

Температураковки, °С: начала 1180, конца 800. Охлаждение сечений до 50 мм производится на воздухе, сечений 51–180 мм – в колодцах.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обработываемость резанием –  $K_{v \text{ тв.спл}} = 0,70$  и  $K_{v \text{ б.ст}} = 0,35$  в горячекатаном состоянии при HB 269 и  $\sigma_b = 900 \text{ МПа}.$

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

**Прокаливаемость [2, 50]**

Твердость HRC <sub>3</sub> на расстоянии от торца, мм								
1,5	3	6	9	12	18	24	30	36
59	58	57,5	57,5	54,5	48	41,5	38	38

### Критический диаметр $d$

Термообработка	$d$ , мм
Закалка в масле	25–40

### Сталь 60С2Н2А

Заменитель – стали 60С2А, 60С2ХА.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 14959–79, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4955–77, ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 1133–71.

Назначение – ответственные и тяжело нагруженные пружины и рессоры.

### Температура критических точек, °С [84]

$A_{c1}$	$A_{c3}$
765	780

### Химический состав, % (ГОСТ 14959–79)

С	Mn	Si	Ni	Cr	Cu	S	P
				не более			
0,56–0,64	0,40–0,70	1,4–1,8	1,4–1,7	0,30	0,20	0,025	0,025

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость НВ, не более
		не менее				
ГОСТ 14959–79	Сталь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б: закалка с 870 °С в масле + отпуск при 470 °С;	1325	1470	8	30	–
[82]	отжиг при 720 °С, охл. с печью	410	700	19	50	–
[84]	Пружины: отжиг или отпуск перед волочением при 730 °С; горячая навивка при 850– 900 °С; закалка с 850– 870 °С в масле; отпуск при 380–420 °С, охл. на воздухе; закалка с 850 °С в масле; отпуск при 420 °С, охл. на воздухе	1570	1710	5	20	420–475

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [82]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
380	1780	1920	6	40
400	1690	1760	6	41
420	1530	1640	7	41
440	1390	1490	8	42
460	1360	1440	8	41
480	1230	1340	9	40
500	1210	1300	10	41
520	1100	1170	12	43

Примечание. Закалка с 870 °С.

### Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1150, конца 850.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Флокочувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

### Прокаливаемость [82]

Термообработка	Критический диаметр, мм
Закалка в масле	50

## Сталь 60С2ХА

Заменитель – стали 60С2ХФА, 60С2Н2А.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 14959–79, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 7419.0–90– ГОСТ 7419.8–90. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14959–79, ГОСТ 14955–77, ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Поковка ГОСТ 14959–79, ГОСТ 1133–71.

Назначение – для изготовления крупных высоконагруженных пружин и рессор ответственного назначения.

### Температура критических точек, °С [82]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
752	788	746	688	300

### Химический состав, % (ГОСТ 14959–79)

С	Mn	Si	Cr	V	Cu	Ni	S	P
					не более			
0,46–0,54	0,50–0,80	0,17–0,37	0,80–1,10	0,10–0,20	0,20	0,25	0,025	0,025

## Механические свойства

Источник	Состояние поставки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB, не более
		не менее					
ГОСТ 14959-79	Ствь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б: закалка с 870 °С в масле + отпуск при 470 °С	1325	1470	6	25	-	-
[84]	закалка с 870 °С в масле + отпуск при 420 °С, охл. в масле	1570	1760	5	20	29	-
[50]	Пружина: отжиг при 860 °С, горячая навивка при 850-890 °С; закалка с 850-870 °С в масле + отпуск при 400-420 °С	-	-	-	-	-	420-475
[128]	изотермическая закалка с выдержкой: при 290 °С	1720	1950	10	46	73	-
	при 290 °С; отпуск при 325 °С	1760	1920	8	45	50	-

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [128]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>s</sub>
200	-	-	-	-	23	59
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

Примечание. Закалка с 880-890 °С.

### Предел выносливости [128]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа
Закалка в масле; отпуск при 400 °С; $\sigma_{0,2} = 1830$ МПа, $\sigma_s = 1980$ МПа, HB 495	540
Изотермическая закалка с выдержкой при 290 °С; $\sigma_{0,2} = 1720$ МПа, $\sigma_s = 1950$ МПа	568
То же + отпуск при 325 °С	578

### Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800.

Свариваемость - не применяется для сварных конструкций.

Флокеночувствительность - не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости - не склонна.

### Прокаливаемость [128]

Твердость HRC <sub>s</sub> на расстоянии от торца, мм (после закалки с 880 °С)							
3,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	36,0
62,5	62,5	61,0	57,0	48,0	40,5	36,5	35,5

## Сталь 60С2ХФА

Заменитель – стали 60С2А, 60С2ХА, 9ХС, 60С2ВА.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 14959–79, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90. Калиброванный пруток ГОСТ 14959–79, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–790. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 14959–79, ГОСТ 1133–71.

Назначение – ответственные и высоконагруженные пружины и рессоры, изготовляемые из круглой калиброванной стали.

### Химический состав, % (ГОСТ 14959–79)

С	Mn	Si	Cr	V	Cu	Ni	S	P
					не более			
0,56–0,64	0,40–0,70	1,4–1,8	0,90–1,20	0,10–0,20	0,20	0,25	0,025	0,025

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость поверхности HRC <sub>2</sub> , не более
			не менее					
ГОСТ 14959–79	Сталь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б: закалка с 870 °С в масле; отпуск при 470 °С	Образцы	1470	1670	6	25	–	–
[84]	закалка с 850 °С в масле; отпуск при 410 °С, охл. в масле	–	1670	1860	5	–	–	–
[128]	изотермическая закалка с выдержкой: при 290 °С, 30 мин	–	1780	1960	11	39	75	–
	при 290 °С, 1 ч	60	1810	1960	8	38	67	45–51
[136]	закалка с 880 °С в масле; отпуск при 450–550 °С	80	1540	1640	10	35	44	45–49

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [128]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>2</sub>
200	–	–	–	–	30	59
250	2190	2340	6	20	30	58
300	–	2340	6	22	32	58
350	2160	2240	–	–	–	57
400	1870	1930	7	29	37	53
450	1690	1810	8	35	39	49
500	1540	1640	10	35	44	46
550	1440	1530	10	37	47	43

Примечание. Закалка с 880–890 °С в масле.



## Предел выносливости [128]

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа
Закалка в масле; отпуск при 415 °С; $\sigma_{0,2} = 1810$ МПа, $\sigma_b = 1900$ МПа	549	294
Изотермическая закалка с выдержкой при 290 °С; $\sigma_{0,2} = 1780$ МПа, $\sigma_b = 1960$ МПа	588	309
То же + отпуск при 325 °С	613	328

## Технологические свойства [136]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Охлаждение замедленное, последующая термообработка – отжиг.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций. Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

## Прокаливаемость [128]

Твердость $HRC_3$ на расстоянии от торца, мм (закалка с 880 °С)									
3	10	15	20	25	30	40	45	50	55
63,5	63,5	63,5	63	56	54,5	44,5	40,5	37	36

## Сталь 65С2ВА

Заменитель – стали 60С2А, 60С2ХА.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 14959–79, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90. Калиброванный пруток ГОСТ 14959–79, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 7419.0–90 – ГОСТ 7419.8–90. Лента ГОСТ 2283–79. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Проволока ГОСТ 14963–78. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 14959–79, ГОСТ 1133–71.

Назначение – ответственные и высоконагруженные пружины и рессоры.

## Химический состав, % (ГОСТ 14959–79)

С	Mn	Si	W	V	Cu	Ni	S	P
				не более				
0,61–0,69	0,70–1,0	1,5–2,0	0,80–1,20	0,30	0,20	0,25	0,025	0,025

## Механические свойства (ГОСТ 14959–79)

Состояние поставки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
	не менее			
Сталь категорий 3, 3А, 3Б, 3В, 3Г, 4, 4А, 4Б: закалка с 850 °С в масле; отпуск при 420 °С	1665	1860	5	20

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [128]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_s, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
–	1750	2110	8	38	44
150	1810	2010	9	38	44
280	1830	1930	11	38	51
310	1830	1930	10	40	63
400	1790	1860	11	40	50

Примечание. Изотермическая закалка с выдержкой при 270 °С.

### Механические свойства при температурах испытаний [126]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_s, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 400 °С</i>					
20	1860	2060	8	30	28
200	1670	2060	10	33	24
300	1570	1810	11	29	–
400	1370	1620	15	60	–
–20	1960	2110	8	27	25
–50	2010	2160	8	26	22
<i>Закалка с 860 °С в масле; отпуск при 450 °С</i>					
20	1670	1760	10	35	26
200	1370	1710	10	30	26
300	1270	1570	11	21	–
400	1180	1370	15	50	–
–20	1710	1810	10	33	24
–50	1760	1860	10	32	24

### Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1100, конца 900 [138].

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

## Раздел 2. СТАЛЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ

### Общие сведения

К инструментальным относят стали, применяемые для обработки материалов резанием и давлением и обладающие определенными свойствами (твердостью, теплостойкостью, износостойкостью и др.) в условиях эксплуатации.

Высокую стойкость и надежность инструментов можно обеспечить, как правило, тогда, когда для конкретных условий их эксплуатации удается получить оптимальное сочетание твердости, в том числе при повышенных температурах (теплостойкости), и вязкости.

Заданный уровень твердости — необходимое свойство инструментальных сталей — можно получить либо с помощью мартенситного превращения при закалке высокоуглеродистых сталей ( $>0,8\% \text{ C}$ ), либо с помощью дисперсионного твердения при отпуске сталей, легированных большим количеством карбидообразующих элементов (Cr, Mo, W, V и т.п.).

Упрочнение при мартенситном превращении, реализуемое в результате закалки и низкого отпуска, обеспечивает невысокую теплостойкость, однако позволяет получить повышенный уровень твердости и достаточно высокое сопротивление хрупкому разрушению.

При дисперсионном упрочнении инструментальных сталей теплостойкость существенно выше, так как окончательная термическая обработка включает в себя закалку и однократный или многократный (для быстрорежущих сталей) высокий отпуск.

При выбранном способе и уровне упрочнения вязкость той или иной стали сильно зависит от особенностей структуры и ее однородности: величины зерна и разнотерности, количества, размеров и условий распределения карбидов и интерметаллидов. Поэтому применение различных способов переплава (ВДП, ЭСП и др.), порошковой металлургии и других современных способов производства и обработки сталей позволяют заметно увеличить сопротивление инструментальных сталей хрупкому разрушению, тогда как твердость и теплостойкость определяются их химическим составом и условиями термической обработки.

Твердость является основной характеристикой инструментальных сталей. По уровню твердости и назначению эти стали можно разделить на три группы:

1. Стали для обработки материалов резанием с твердостью 62–68  $HRC_3$ .
2. Стали для холодного деформирования с твердостью 52–62  $HRC_3$ .
3. Стали для горячего деформирования с твердостью 40–50  $HRC_3$ .

В зависимости от упрочнения инструментальные стали могут быть нетеплостойкими, полутеплостойкими и теплостойкими. Нетеплостойкие стали сохраняют высокую твердость и другие свойства до температуры нагрева 200–300 °С, полутеплостойкие до 400–500 °С, а теплостойкие выше 550–600 °С. Увеличение теплостойкости (красностойкости) сталей существенно повышает срок службы инструмента. При изготовлении крупногабаритных

инструментов важной характеристикой является прокаливаемость сталей, т.е. способность сталей воспринимать закалку на определенную глубину. По этому показателю стали делятся на стали *неглубокой прокаливаемости* (углеродистые и низколегированные) и стали *глубокой прокаливаемости* (легированные и высоколегированные). В справочнике инструментальные стали условно разделены на следующие группы по составу и назначению: углеродистые инструментальные стали, легированные инструментальные стали, штамповые стали, валковые стали и быстрорежущие стали.

*Инструментальные углеродистые стали* являются наиболее дешевыми. Как правило, их применяют для изготовления малоответственного режущего инструмента, небольшого размера и работающего при малых скоростях резания, т.е. не подвергаемого разогреву в процессе эксплуатации. Малая прокаливаемость углеродистых сталей (до 5–10 мм) используется при изготовлении такого инструмента как напильники, долота, зубила сечением до 20 мм и т.д. После закалки они имеют высокую твердость поверхности (*HRC* 63–66) и мягкую сердцевину.

Приведенные в справочнике наиболее распространенные *легированные инструментальные стали* имеют более высокую прокаливаемость и теплостойкость. Их применяют для крупного режущего инструмента, работающего при малых скоростях резания: протяжки, развертки, сверла и др.

При больших скоростях резания происходит разогрев режущей кромки, и для таких инструментов применяют *инструментальные быстрорежущие стали*. Главной отличительной особенностью этих сталей является высокая теплостойкость (краснотойкость) до 600–700 °С при наличии высокой твердости 63–70 *HRC* и износостойкости инструмента. Стали содержат высокое количество вольфрама 6–18 %, молибдена 3–6 %, ванадия до 3 %, кобальта до 8 %.

Термическая обработка быстрорежущих сталей включает в себя закалку от 1200–1280 °С из соляных ванн и трехкратный отпуск при 540–560 °С.

Стали для обработки металлов давлением включают в себя *штамповые* и *валковые* стали, которые подразделяются на стали холодного или горячего деформирования.

*Инструментальные штамповые стали* для холодного деформирования должны иметь высокую твердость, износостойкость и повышенную вязкость (особенно для инструментов, работающих при динамических нагрузках). В процессе работы эти стали могут разогреваться до 300–350 °С. Стали содержат до 1 % углерода, до 12 % хрома, вольфрам и ванадий. Как правило, стали для штампов холодного деформирования подвергаются закалке и низкому отпуску.

*Штамповые стали* для горячего деформирования предназначены для изготовления штампов, работающих при повышенных температурах, многократных теплосменах, динамических нагрузках, а в ряде случаев и при значительном коррозионном воздействии обрабатываемого металла (формы литья под давлением). Поэтому такие стали должны иметь высокую теплостойкость, вязкость, сопротивление термической усталости (разгаростойкость), коррозионную стойкость (окалиностойкость).

Полутеплостойкие штамповые стали сохраняют твердость до 45 HRC после нагрева лишь до 400–450 °С. Однако они имеют наибольшую вязкость и высокую прокаливаемость и широко применяются для массивных штампов, работающих в условиях динамических нагрузок (например, сталь 5ХНМ).

Теплостойкие штамповые стали работают при температурах до 600–650 °С. Для изготовления пресс-форм литья под давлением, которые разогреваются до 700–750 °С используют стали повышенной теплостойкости, которые имеют низкую вязкость и не могут работать при больших динамических нагрузках. Последние стали содержат до 8 % вольфрама.

*Инструментальные валковые стали* также подразделяются на стали для валков холодной и горячей прокатки. Принципы легирования и упрочнения этих сталей такие же, как и для штамповых. Необходимо отметить, что валки холодной прокатки отличаются высокой твердостью и износостойкостью, однако имеют низкую вязкость и невысокую конструктивную прочность на изгиб и используются совместно с опорными валками, к которым требования по твердости значительно ниже, а по вязкости существенно выше, чем у рабочих валков. Опорные валки больших диаметров изготавливают в виде составных валков, бандажи которых сделаны из валковых сталей, а оси из конструкционных.

Валки горячей прокатки должны обладать теплостойкостью, разгаростойкостью и окадиностойкостью. Как правило, валки горячей прокатки имеют большие размеры, и стали, используемые для их изготовления характеризуются высокой прокаливаемостью.

Состав валковых сталей в значительной мере определяется не только размерами и назначением валков, но и способом их получения и обработки (закалка ТВЧ, двухчастотная закалка, дифференциальная термическая обработка и т.д.).

## СТАЛЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ УГЛЕРОДИСТАЯ

---

### Сталь У7, У7А

---

Заменитель – сталь У8.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1435–90, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–90, ГОСТ 2879–90. Калиброванный пруток ГОСТ 1435–90, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 1435–74, ГОСТ 14955–77. Лента ГОСТ 2283–79, ГОСТ 10234–77, ГОСТ 21997–76. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 1435–90, ГОСТ 4405–75, ГОСТ 1133–71.

Назначение – инструмент, который работает в условиях, не вызывающих разогрева рабочей кромки: зубила, долота, бородки, молотки, лезвия ножниц для резки металла, топоры, колуны, стамески, плоскогубцы комбинированные, кувалды.

**Температура критических точек, °С [81]**

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r1}$	$M_n$
730	770	700	730

**Химический состав, % (ГОСТ 1435-90)**

Сталь	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
				не более				
У7А	0,66-0,73	0,17-0,28	0,17-0,33	0,018	0,025	0,20	0,20	0,20
У7	0,66-0,73	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25

**Твердость стали после термообработки (ГОСТ 1435-90)**

Термообработка	Твердость
Отжиг при 760 °С	До HRC, 187
Закалка с 800-820 °С в воде	Св. HB 63

**Механические свойства (ГОСТ 2283-79)**

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_s$ , МПа, не более	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %, не менее	
Лента холоднокатаная отожженная	0,1-1,5	650	(15)	
	1,5-4,0	750	(10)	
Лента холоднокатаная нагартованная, класс прочности:				
	H1	0,1-4,0	750-900	-
	H2	0,1-4,0	900-1050	-
H3	0,1-4,0	1050-1200	-	
Лента холоднокатаная отожженная высшей категории качества	0,1-4,0	650	(18)	

**Механические свойства в зависимости от температуры испытания [23]**

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость HB
<i>Отжиг или нормализация</i>				
100	690	16	30	200
200	660	13	22	200
300	-	18	20	200
400	620	22	26	180
500	460	27	34	155
600	330	33	45	135
700	205	38	60	110
Образец диаметром 5 мм и длиной 25 мм деформированный и отожженный. Скорость деформирования 10 мм/мин; скорость деформации 0,007 1/с				
700	105	64	90	-
800	94	65	100	-
900	63	60	100	-
1000	36	62	100	-
1100	22	65	100	-
1200	17	92	100	-
<i>Отжиг</i>				
600	195*	26	71	-
700	85*	45	88	-
800	52*	38	71	-
900	27*	59	92	-
1000	25*	58	98	-
1100	20*	65	99	-

\* Значения  $\sigma_{изг}$ , МПа.

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [27]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
300	1370	1590	8	31
400	1180	1270	11	44
500	970	1090	13	73
600	830	980	17	93

Примечание. Закалка на мелкозернистую структуру, охл. в воде.

## Твердость стали в зависимости от температуры отпуска [88]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	Твердость $HRC_s$
160–200	60–63
200–300	54–60
300–400	43–54
400–500	35–43

Примечание. Закалка с  $820 ^\circ\text{C}$  в воде.

## Технологические свойства [81]

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1180, конца 800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–300 мм – в яме.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{ТВ.СПЛ}} = 1,2$  и  $K_{v, \text{Б.СТ}} = 1,1$  в отожженном состоянии при  $HV 187$  и  $\sigma_B = 620 \text{ МПа}$ .

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

## Теплостойкость

Температура, $^\circ\text{C}$	Время, ч	Твердость $HRC_s$
150–160	1	63
200–220	1	59

## Прокаливаемость [81, 82]

Твердость $HRC_s$ на расстоянии от торца, мм (закалка с $800 ^\circ\text{C}$ )							
2,5	5	7,5	10	15	20	26	30
43,5	37	35	34	32	28,5	22	20

Критический диаметр равен 15–20 мм после закалки в воде и 4–6 мм после закалки в масле.

Шлифуемость – хорошая.

## Сталь У8, У8А

Заменитель – стали У7А, У7, У10А, У10.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1435–90, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 1435–90, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 1435–90, ГОСТ 14955–77. Лента ГОСТ 2283–79, ГОСТ 10234–77. Полоса

ГОСТ 4405-75, ГОСТ 103-76. Поковки и кованая заготовка ГОСТ 1435-90, ГОСТ 4405-75, ГОСТ 1133-71.

Назначение — для инструмента, работающего в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки: фрез, зенковок, топоров, стамесок, долот, пил продольных и дисковых, накатных роликов, кернеров, отверток, комбинированных плоскогубцев, боковых кусачек.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{C1}$	$A_{Cm}$	$A_{r1}$	$M_n$
730	765 (112)	700	245

### Химический состав, % (ГОСТ 1435-90)

Сталь	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
У8	0,76-0,83	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25
У8А	0,76-0,83	0,17-0,28	0,17-0,33	0,018	0,025	0,20	0,20	0,20

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 1435-90)

Состояние поставки	Твердость
Сталь термообработанная	До НВ 187
Закалка с 780-800 °С в воде	Св. HRC <sub>3</sub> 63

### Механические свойства ленты (ГОСТ 2283-79)

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_s$ , МПа, не более	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %, не менее
Лента отожженная холоднокатаная	0,1-1,5	650	15
	1,5-4,0	750	10
Лента нагартованная холоднокатаная, класс прочности:	0,1-4,0	Н1	750-900
		Н2	900-1050
		Н3	1050-1200
Лента отожженная высшей категории качества	0,1-4,0	650	15

Примечание. Предел выносливости [81]  $\sigma_{-1} = 490$  МПа,  $\sigma_b = 1860$  МПа, НВ 611.

### Твердость стали в зависимости от температуры отпуска

$t_{отп}$ , °С	Твердость HRC <sub>3</sub>
160-200	61-65
200-300	56-61
300-400	47-56
400-500	37-47
500-600	29-37

Примечание. Закалка с 780-800 °С в воде.

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость НВ
<i>Отжиг или нормализация [169]</i>					
100	—	710	17	24	195
200	—	640	15	15	205
300	—	—	17	16	205
400	—	—	19	23	190



## Продолжение

$t_{\text{исп.}}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость НВ
<i>Отжиг или нормализация [169]</i>					
500	—	500	23	29	170
600	—	370	28	39	150
700	—	255	33	50	120
<i>Закалка с 780 °C в масле; отпуск при 400 °C (образцы гладкие диаметром 6,3 мм) [138]</i>					
20	1230	1420	10	37	—
-40	1270	1450	11	36	—
-70	1300	1470	12	35	—
<i>Образец диаметром 5 мм и длиной 25 мм, деформированный и отожженный. Скорость деформирования 10 мм/мин; скорость деформации 0,007 1/с [81]</i>					
700	—	105	58	91	—
800	—	91	58	100	—
900	—	55	62	100	—
1000	—	33	62	100	—
1100	—	21	80	100	—
1200	—	15	69	100	—

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °C: начала 1180, конца 800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–300 мм — в яме.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций. Способ сварки — КТС [138].

Обрабатываемость резанием —  $K_{v \text{ б.ст}} = 1,1$  и  $K_{v \text{ тв.спл}} = 1,2$  при НВ 187–227.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

## Теплостойкость [81]

Температура, °C	Время, ч	Твердость HRC <sub>3</sub>
150–160	1	63
200–220	1	59

## Прокаливаемость [51, 81]

Твердость HRC <sub>3</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка с 790 °C)								
2	4	6	8	10	12	14	16	18
65,5–67	63–65	45,5–55	42–43,5	40,5–42,5	39,5–41,5	37–40,5	39–40	36–39,5

Критический диаметр равен 15–20 мм после закалки в воде и 4–6 мм после закалки в масле.

Шлифуемость — хорошая.

## Сталь У9, У9А

Заменитель — стали У7А, У7, У8А, У8.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1435–90, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 1435–90, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрян-

ка ГОСТ 1435-90, ГОСТ 14955-77. Лента ГОСТ 10234-77, ГОСТ 2283-79. Полоса ГОСТ 4405-75, ГОСТ 103-76. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 1435-90, ГОСТ 4405-75, ГОСТ 1133-71.

Назначение – инструмент, работающий в условиях, не вызывающих разогрева кромки: инструмент для обработки дерева, слесарно-монтажный инструмент, калибры простой формы и пониженных классов точности.

### Температура критических точек, °С [112]

$A_{c1}$	$A_{cm}$	$A_{r1}$	$M_n$
740	760	700	190

### Химический состав, % (ГОСТ 1435-90)

Сталь	C	Mn	Si	S	P	Cr, Ni, Cu		
						Cr	Ni	Cu
У9	0,86-0,93	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030	0,2	0,25	0,25
У9А	0,86-0,93	0,17-0,28	0,17-0,33	0,018	0,025	0,20	0,20	0,20

### Механические свойства проката сечением 0,1-4,0 мм (ГОСТ 2283-79)

Состояние поставки	$\sigma_b$ , МПа, не более	$\delta_5$ , %, не менее
Лента холоднокатаная:		
отожженная	750	10
нагартованная	750-1200	-
нагартованная, класс прочности Н1	750-900	-
нагартованная, класс прочности Н2	900-1050	-
нагартованная, класс прочности Н3	1050-1200	-
Лента отожженная высшей категории качества	700	15

### Твердость стали после термообработки

Термообработка	Твердость
Отжиг при 750-770 °С	HB 192
Закалка с 760-780 °С в воде	HRC <sub>3</sub> 63
Пружина. Изотермическая закалка с 770 °С, охл. в щелочной ванне с температурой 340-360 °С, выдержка 10-15 мин, отпуск при 170 °С	HRC <sub>3</sub> 46-50

### Твердость стали в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{отп}$ , °С	Твердость HRC <sub>3</sub>
200	61
300	52

Примечание. Закалка с 800 °С в воде.

### Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1125, конца 750.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

### Прокаливаемость [51, 112]

Твердость HRC <sub>3</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка с 760 °С)									
1,5	3	4,5	6	9	12	15	18	30	42
63	61	58	53,5	48	46	45,5	45,5	44,5	42,5

Критический диаметр равен 15–20 мм после закалки в воде и 4–6 мм после закалки в масле.

### Сталь У10, У10А

Заменитель – стали У11, У12, У12А.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1435–90, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 1435–90, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 1435–90, ГОСТ 14955–77. Лента ГОСТ 2283–79, ГОСТ 21997–76. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1435–90, ГОСТ 4405–75, ГОСТ 1133–71.

Назначение – инструмент, работающий в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки: метчики ручные, рашпили, надфили, пилы для обработки древесины, матрицы для холодной штамповки, гладкие калибры, топоры.

#### Температура критических точек, °С [112]

$A_{c1}$	$A_{c_m}$	$A_{r1}$	$M_n$
730	800	700	210

#### Химический состав, % (ГОСТ 1435–90)

Сталь	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
				не более				
У10	0,96–1,03	0,17–0,33	0,17–0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25
У10А	0,96–1,03	0,17–0,28	0,17–0,33	0,018	0,025	0,20	0,20	0,20

#### Механические свойства проката сечением 0,1–4,0 мм (ГОСТ 2283–79)

Состояние поставки	$\sigma_{0,2}$ , МПа, не более	$\delta_5$ , %, не менее
Лента холоднокатаная:		
отожженная	750	10
нагартованная	750–1200	–
нагартованная, класс прочности Н1	750–900	–
нагартованная, класс прочности Н3	1050–1200	–
Лента отожженная высшей категории качества	700	13

#### Твердость стали после термообработки ГОСТ 1435–90 [136]

Термообработка	Твердость НВ, HRC <sub>0</sub>
Отжиг при 800 °С	До НВ 207
Закалка с 770–800 °С в воде	Св. 68
Закалка с 800 °С в масле или охл. в расплаве солей при 190 °С; отпуск при 160–200 °С (сечение 10–12 мм)	57–61
Сечение до 8 мм. Закалка с 800 °С в масле или охл. в расплаве солей при 190 °С; отпуск при 380–480 °С*1	44–50
Сечение до 60 мм. Закалка с 770 °С в воде или в 5–10 %-ном растворе NaCl; отпуск при 170 °С	59–63
Пружина. Изотермическая закалка при 800 °С в расплаве солей с водой; температура изотермы 280–360 °С; отпуск при 280–360 °С	44–52

Продолжение

Термообработка	Твердость $HV, HRC_s$
Прутки. Поверхностная закалка с индукционным нагревом; отпуск при 160–200 °С	59–63

\*1 Рекомендуется для пружин и деталей пружинного типа.

### Твердость стали в зависимости от температуры отпуска [81]

$t_{отп}, ^\circ C$	Твердость $HRC_s$
160–200	63–65
200–300	57–63
300–400	49–57
400–500	40–49

Примечание. Закалка с 760–780 °С в воде.

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания [81]

$t_{исп}, ^\circ C$	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
700	105	50	87
800	90	52	100
900	55	59	100
1000	29	70	100
1100	18	78	100
1200	16	86	100

Примечание. Образец диаметром 5 мм и длиной 25 мм деформированный и отожженный; скорость деформирования 10 мм/мин; скорость деформации 0,007 1/с

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе; сечения 101–300 – в яме.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций. Способ сварки – КТС.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, б.ст} = 1,0$  и  $K_{v, тв.спл} = 1,1$  при  $HV 197$  [82].

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

### Теплостойкость [81]

Температура, °С	Время, ч	Твердость $HRC_s$
150–160	1	63
200–220	1	59

### Прокаливаемость [27, 82, 88]

Полоса прокаливаемости для стали У10 приведена на рис. 33.

### Критический диаметр $d$

Термообработка	Критическая твердость $HRC_s$	$d$ , мм, после закалки	
		в воде	в масле
Закалка	61	10–20	4–6
Закалка с 760 °С	42–66	20	–

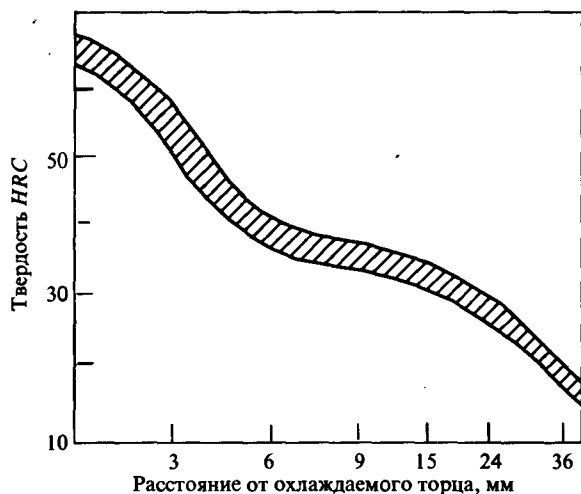


Рис. 33. Полоса прокаливаемости стали У10

### Сталь У12, У12А

Заменитель – стали У10А, У11А, У10, У11.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1435–90, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 1435–90, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 1435–90, ГОСТ 14955–77. Лента ГОСТ 2283–79, ГОСТ 21997–76. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 1435–90, ГОСТ 4405–75, ГОСТ 1133–71.

Назначение – режущий инструмент, работающий в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки: метчики ручные, метчики машинные мелкоразмерные, плашки для крупнов, развертки мелкоразмерные, надфили, измерительный инструмент простой формы: гладкие калибры, скобы.

#### Температура критических точек, °С [112]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r1}$	$M_s$
730	820	700	200

#### Химический состав, % (ГОСТ 1435–90)

Сталь	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
				не более				
У12	1,16–1,23	0,17–0,33	0,17–0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25
У12А	1,16–1,23	0,17–0,28	0,17–0,33	0,018	0,025	0,20	0,20	0,20

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [169]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$	Твердость $HRC_s$
400	1370	1570	9	24	20	52
500	880	1040	11	30	29	40
600	650	760	18	52	44	26

Примечание. Образцы размером 32×32×42 мм. Закалка с 760–790 °С.

### Твердость стали в зависимости от температуры отпуска [169]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	Твердость $HRC_s$
160–180	62–64
180–220	59–63
200–270	55–61
450–500	37–47

Примечание. Образцы сечением 21–30 мм. Закалка с 810–830 °С в воде.

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
<i>Отжиг при 20 °С; твердость HB 207 [27, 82]</i>					
20	325	590–690	28	45–55	27
200	–	570	23	47	73
400	310	450	41	60	69
600	110	140	56	74	62
700	59	76	56	82	356
800	53	72	59	85	323
900	34	40	52	91	225
1000	20	28	55	98	157
<i>Образец диаметром 5 мм и длиной 25 мм, деформированный и отожженный. Скорость деформирования 10 мм/мин; скорость деформации 0,007 1/с [81]</i>					
700	–	105	60	68	–
800	–	100	52	96	–
900	–	60	40	100	–
1000	–	34	65	100	–
1100	–	18	74	100	–
1200	–	15	92	100	–

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1100, конца 750. Охлаждение замедленное на воздухе.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций. Способ сварки – КТС.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,0$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,9$  в отожженном состоянии при HB 207.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

### Теплостойкость [81]

Температура, °С	Время, ч	Твердость $HRC_s$
150–160	1	63
200–220	1	59

## Прокаливаемость [82, 88]

Термообработка	Критическая твердость <i>HRC<sub>c</sub></i>	Критический диаметр, мм, после заковки	
		в воде	в масле
Закалка	61	10-20	4-6
Закалка с 760 °С	42-66	20	-

Примечание. Шлифуемость – хорошая.

## СТАЛЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ЛЕГИРОВАННАЯ

### Сталь 9Х1

Заменитель – сталь 9Х2.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–76, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 1133–71. Валки ОСТ 24.013.04–83, ОСТ 24.013.20–85, ОСТ 24.013.21–85.

Назначение – рабочие и опорные валки для холодной прокатки металлов. 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. Опорные составные валки листовых станов для горячей прокатки металла. Клейма, пробойники, холодновысадочные штампы, деревообрабатывающий инструмент и другие детали.

### Температура критических точек, °С [81]

<i>A<sub>c1</sub></i>	<i>A<sub>c<sub>m</sub></sub></i>	<i>A<sub>r1</sub></i>	<i>M<sub>n</sub></i> [112]
745	860	700	270

### Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni	Cu	W	Mo	Ti	V
				не более							
0,80–0,95	0,25–0,45	0,15–0,40	1,40–1,70	0,030	0,030	0,35	0,30	0,20	0,20	0,03	0,15

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость
ГОСТ 5950–73	Пруток и полоса отожженные или высокоотпущенные; закалка с 820–850 °С в масле	Образцы	<i>HV</i> 229, <i>HRC</i> , 63
ОСТ 24.013.20–85	Бочки рабочих валков клетей станов холодной прокатки после индукционной термообработки:	тип 1	До 400 <i>HSD</i> 95–105
		тип 2	<i>HSD</i> 90–96
		Бочки рабочих валков станов теплой прокатки после индукционной термообработки, тип 3	До 400 <i>HSD</i> 75–90

Продолжение

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость
ОСТ 24.013.20-85	Бочки или бандажи опорных валков после термообработки с повышенными требованиями по твердости:		
	тип 4 тип 5	До 1600	HSD 70-85 HSD 45-69
ОСТ 24.013.21-85	Шейки рабочих и опорных валков	-	HSD 30-55
	Бочки валков рельсобалочного и сортового станов:		
ОСТ 24.013.04-83	нормализация + отпуск	До 950	HB 241-285
	закалка + отпуск	До 500	HB 352-429
ОСТ 24.013.04-83	Бочки валков листовых станов для горячей прокатки:		
	<i>рабочих</i>	До 1000	
	нормализация + отпуск		HSD 35-55
	закалка + отпуск		HSD 45-60
	<i>опорных</i>	До 1600	
	нормализация + отпуск		HSD 35-60
	закалка + отпуск		HSD 45-75
Шейки рабочих и опорных валков:			
нормализация + отпуск	-	HSD 30-60	
Бочки опорных составных валков:	До 1600		
нормализация + отпуск		HSD 60-85	

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [107]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
180	1670-1760	1960-2160	2-3	6-7	78-12
300	1220	1570	3	15	13
400	1270	1710	6	13	25
500	830	880	12	37	70
600	-	780	14	45	59

Примечание. Закалка.

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
700	105	130	59	95
800	87	120	-	95
900	44	75	-	-
1000	33	51	67	98
1100	17	28	80	100
1200	11	19	73	100

Примечание. Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм, прокатанный и термообработанный. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с.

### Предел выносливости [107]

$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$n$	Твердость
426	10 <sup>7</sup>	HRC <sub>c</sub> 65



## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 800. Сечения до 300 мм охлаждаются в яме.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,95$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,60$  в отожженном состоянии  $HB\ 187-196$  и  $\sigma_b = 680$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

Флокеночувствительность – чувствительна.

## Прокаливаемость [112]

Термообработка	Критический диаметр, мм, после закалки	
	в воде	в масле
Закалка	20–40	6–30

## Сталь ХВ4Ф

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный прутки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–75. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 8950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71.

Назначение – резцы и фрезы при обработке с небольшой скоростью резания твердых металлов (валки с закаленной поверхностью), гравировальные резцы при очень напряженной работе, прошивные пуансоны и т. д.

Температура критической точки  $A_{c1} = 750-760$  °С.

## Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

С	Si	Mn	Cr	W	V	S	P	Ni	Cu	Mo
						не более				
1,25–1,45	0,15–0,35	0,15–0,40	0,40–0,70	3,50–4,30	0,15–0,30	0,030	0,030	0,35	0,30	0,50

## Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950–73) [112]

Состояние поставки	Твердость
Изотермический отжиг при 800–820 °С, охл. со скоростью 50 град/ч до 600 °С, выдержка 2–3 ч, охл. со скоростью 50 град/ч до 550 °С на воздухе	$HB\ 285$
Подогрев при 600–650 °С; закалка с 830–850 °С в масле; отпуск при 140–170 °С, охл. на воздухе (режим окончательной термообработки)	$HRC_s\ 63-68$

## Твердость стали в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	Твердость $HRC_s$
100	67
200	65
300	64

Примечание. Закалка с 800 °С в воде.

## Технологические свойства (ОСТ 23.4.127-77)

Температура ковки, °С: начала 1100, конца 870. Охлаждение в штабелях.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

Шлифуемость – хорошая [140].

### Сталь 9ХС

Заменитель – стали ХВГ, ХВСГ.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950-73, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950-73, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950-73, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 5950-73, ГОСТ 4405-75. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 5950-73, ГОСТ 1133-71.

Назначение – сверла, развертки, метчики, плашки, гребенки, фрезы, машинные штампы, клейма для холодных работ. Ответственные детали, материал которых должен обладать повышенной износостойкостью, усталостной прочностью при изгибе, кручении, контактном нагружении, а также упругими свойствами.

#### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{cm}$	$A_{r1}$	$M_n$
770	870	730	160

#### Химический состав, % (ГОСТ 5950-73)

С	Si	Mn	Cr	S	P	Ni	Cu	W	Mo	Ti	V
				не более							
0,85-0,95	1,20-1,60	0,30-0,60	0,95-1,25	0,030	0,030	0,35	0,30	0,20	0,20	0,03	0,15

#### Механические свойства [104, 81]

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\psi$ , %	$KCU_{1,2}$ Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB, HRC <sub>2</sub>
Изотермический отжиг при 790-810 °С, выдержка при 710 °С	–	295-390	590-690	50-60	–	HB 197-241
Закалка с 870 °С в масле; отпуск при:						
180-240 °С	До 40	–	–	–	78	59-63
450-500 °С*1	До 30	–	–	–	–	46-50

\*1 Температура отпуска рекомендуется для цапг и других деталей пружинного типа, а также для нагруженных валов.

## Твердость стали в зависимости от температуры отпуска [81]

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	Твердость $HRC_s$
170–200	63–64
200–300	59–63
300–400	53–59
400–500	48–53
500–600	39–48

Примечание. Закалка с 840–860 °С в масле.

## Теплостойкость [81]

Температура, °С	Время, ч	Твердость $HRC_s$
150–160	1	63
204–250	1	59

## Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
<i>Состояние поставки [27]</i>						
20	445	790	26	54	39	243
200	320	710	22	48	88	218
400	330	620	32	63	98	213
600	170	200	52	77	–	172
700	83	98	58	77	147	–
<i>Образец диаметром 10 мм, длиной 50 мм, прокатанный.</i>						
<i>Скорость деформирования 20 мм/мин; скорость деформации 0,007 1/с [81]</i>						
800	110	130	26	68	–	–
900	65	74	41	95	–	–
1000	42	46	52	–	–	–
1100	20	31	54	–	–	–
1200	15	20	83	100	–	–

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 800. Сечения до 200 мм охлаждаются в колодце.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций. Допустима КТС.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v\text{ тв.спл}} = 0,9$  и  $K_{v\text{ б.ст}} = 0,5$  в горячекатаном состоянии при HB 221.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна [88].

Флокеночувствительность – не чувствительна.

## Прокаливаемость [104, 81]

Твердость $HRC_s$ на расстоянии от торца, мм								
5	10	15	20	25	30	40	50	60
63	56	36,5	32	30	28	26	25	24

## Критический диаметр $d$

Термообработка	$d$ , мм, после закалки в масле
Закалка	15–50

## Сталь ХВГ

Заменитель – стали 9ХС, ХГ, 9ХВГ, ХВСГ, ШХ15СГ.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 5960–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковка и кованая заготовка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71, ГОСТ 7831–78.

Назначение – измерительный и режущий инструмент, для которого повышенное коробление при закалке недопустимо, резьбовые калибры, протяжки, длинные метчики, длинные развертки и другой вид специального инструмента, холодновысодочные матрицы и пуансоны, технологическая оснастка.

### Температура критических точек, °С [82]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>m</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
750	940	710	210

### Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

C	Si	Mn	Cr	W	S	P	Ni	Cu	Mo
					не более				
0,90–1,05	0,10–0,40	0,80–1,10	0,90–1,20	1,20–1,60	0,030	0,030	0,35	0,30	0,30

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950–73) [112]

Состояние поставки, режим термообработки	Твердость
Пруток и полоса отожженные или высокоотпущенные	До HB 255
Образцы. Закалка с 830 °С в масле; отпуск при 180 °С	HRC <sub>s</sub> Св. 61
Изотермический отжиг при 780–800 °С, охл. со скоростью 50 град/ч до 670–720 °С, выдержка 2–3 ч, охл. со скоростью 50 град/ч до 550 °С, охл. на воздухе	HB 255
Подогрев 650–700 °С. Закалка с 830–850 °С в масле; отпуск при 150–200 °С, охл. на воздухе (режим окончательной термообработки)	HRC <sub>s</sub> 63–64
Подогрев при 650–700 °С. Закалка с 830–850 °С; отпуск при 200–300 °С, охл. на воздухе (режим окончательной термообработки)	HRC <sub>s</sub> 59–63

### Твердость и ударная вязкость в зависимости от сечения образца [29]

Сечение, мм	Место вырезки образца	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>s</sub>
16	1/2R	40	64
25	1/2R	30	64
50	1/2R	20	63
100	1/2R	15	61

П р и м е ч а н и е. Закалка на мелкое зерно; отпуск при 150–160 °С.

### Твердость стали в зависимости от температуры отпуска [136]

t <sub>отп</sub> , °С	Твердость HRC <sub>s</sub>
<i>Заготовки сечением до 50–60 мм<sup>**</sup>. Закалка с 840 °С в масле или расплаве солей с водой при 200 °С</i>	
180–220	59–63
230–280	57–61
280–340	55–57

$t_{\text{отп.}} \text{ } ^\circ\text{C}$	Твердость $HRC_s$
Закалка с $820 \text{ } ^\circ\text{C}$ в масле	
100	66
200	64
300	61
400	57
Закалка с $830\text{--}850 \text{ } ^\circ\text{C}$ в масле [81]	
170–200	63–64
200–300	59–63
300–400	53–59
400–500	48–53
500–600	39–48

\* Заготовки сечением до 50 мм закаливаются с охлаждением в масле, св. 50 мм – в расплаве солей с водой.

### Технологические свойства (ОСТ 23.4.127–77)

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1070, конца 860. Охлаждение замедленное.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обработываемость резанием –  $K_{\text{в.б.ст}} = 0,35$  и  $K_{\text{в.тв.спл}} = 0,75$  в горячекатаном состоянии при  $HB\ 235$  и  $\sigma_{\text{в}} = 760$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

Флокеночувствительность – чувствительна [83].

### Прокаливаемость (ОСТ 23.4.127–77) [98]

Твердость $HRC_s$ на расстоянии от торца, мм									
2,6	5	7,5	10	15	20	25	30	35	45
65–67	62,5–66,5	57–66	49,5–65,5	41,5–63	38,5–60	37,5–55,5	38–51,5	36–47,6	35–43,5

### Критический диаметр $d$

Термообработка	Критическая твердость $HRC_s$	$d$ , мм, после закалки в масле
Закалка	61	15–70

Шлифуемость – пониженная при твердости  $HRC_s$  59–61; удовлетворительная [81] при  $HRC_s$  55–67.

### Теплостойкость [81]

Температура, $^\circ\text{C}$	Время, ч	Твердость $HRC_s$
150–170	1	63
200–220	1	59

### Сталь 9ХВГ

Заменитель – сталь ХВГ.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591881. Калиброванный пруток ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75,

ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950-73, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 4405-75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 5950-73, ГОСТ 1133-61.

Назначение — резьбовые калибры, лекала сложной формы, сложные весьма точные штампы для холодных работ, которые при закалке не должны подвергаться значительным объемным изменениям и короблению.

### Температура критических точек, °C [112]

$A_{c1}$	$A_{cm}$	$M_n$
750	900	205

### Химический состав, % (ГОСТ 5950-73)

C	Si	Mn	Cr	W	S	P	Ni	Cu	Mo
					не более				
0,85-0,95	0,15-0,35	0,90-1,20	0,50-0,80	0,50-0,80	0,030	0,030	0,35	0,30	0,30

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950-73) [112]

Состояние поставки, режим термообработки	Твердость HB, HRC <sub>a</sub>
Пруток и полоса отожженные или высокоотпущенные	До HB 241
Образцы. Закалка с 820-840 °C в масле	Св. 63
Изотермический отжиг при 780-800 °C, охл. со скоростью 50 град/ч до 670-720 °C, выдержка 2-3 ч, охл. со скоростью 50 град/ч до 550 °C на воздухе	HB 241
Подогрев при 650 °C. Закалка с 820-840 °C в масле; отпуск с охл. на воздухе при:	
160-180 °C	Св. 62
170-230 °C	61-63
230-275 °C	57-61

### Твердость стали в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{отп.}$ , °C	Твердость HRC <sub>a</sub>
100	66
150	66
200	61
250	58
300	56
350	52

Примечание. Закалка с 840 °C в масле; выдержка при отпуске 1,5 ч.

### Технологические свойства [112]

Температураковки, °C: начала 1120, конца 850; охл. на воздухе.

# СТАЛЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ШТАМПОВАЯ

## Сталь Х6ВФ

Заменитель – стали Х12Ф1, Х12М, 9Х5Ф.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Лента ГОСТ 2283–79, ГОСТ 23522–79. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71.

Назначение – резьбокатыный инструмент (ролики и плашки), ручные ножовочные полотна, бритвы, матрицы, пуансоны, зубонакатники и другие инструменты, предназначенные для холодной деформации, для дереворежущего фрезерного инструмента.

### Температура критических точек, °С [112]

$A_{c1}$	$A_{c_m}$	$A_{r1}$	$M_n$
815	845	625	150

### Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

C	Si	Mn	Cr	W	V	Ni	Cu	Mo	S	P
						не более				
1,05–1,15	0,15–0,35	0,15–0,40	5,50–6,50	1,10–1,50	0,50–0,80	0,35	0,30	0,30	0,030	0,030

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950–73) [12, 112]

Состояние поставки	Твердость HB, HRC <sub>s</sub>
Пруток и полоса, отожженные или высокоотпущенные	До HB 241
Образцы. Закалка с 980–1000 °С в масле	Св. 62
Отжиг: нагрев со скоростью 30 град/ч до 840 °С, выдержка 3 ч, охл. со скоростью 30 град/ч до 550 °С, далее охл. с любой скоростью	HB 187–228
Изотермический отжиг при 830–850 °С, охл. со скоростью 40 град/ч до 700–720 °С, выдержка 2–3 ч, охл. со скоростью 50 град/ч до 550 °С, охл. на воздухе	HB 241
Подогрев 650–700 °С. Закалка с 980–1000 °С в масле, щелочи, селитре; отпуск (окончательная термообработка) с охл. на воздухе при:	
150–170 °С, 1,5 ч	63–64
280–300 °С, 1,5 ч	57–59

### Ударная вязкость и твердость в зависимости от температуры отпуска

$t_{отп.}$ , °С	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>s</sub>
<i>Закалка с 1000 °С в масле; выдержка при отпуске 1,5 ч [112]</i>		
200	83	59
300	92	57
400	83	56
500	74	55
550	83	54
<i>Заготовка толщиной или диаметром до 120 мм.</i>		
<i>Закалка с 990 °С в масле или расплаве солей при 160 °С [136]</i>		
160	69–98	63–65
200	–	59–61
290	88–98	57–59

## Твердость стали в зависимости от температуры испытания [187]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Твердость $HRC_3$
100	64
200	64
300	61
400	59
500	56

Примечание. Закалка с  $1000^\circ\text{C}$ , отпуск при  $180^\circ\text{C}$ .

## Теплостойкость [12]

Температура, $^\circ\text{C}$	Время, ч	Твердость $HRC_3$
150–170	1	63
480–500	1	59

Примечание. Шлифуемость – удовлетворительная при  $HRC_3$  57–59; пониженная – при  $HRC_3$  59–61; низкая – при  $HRC_3$  63–65 [82].

## Технологические свойства [2]

Температура ковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1100, конца 850. Охлаждение замедленное в колодцах или термостатах.

Обрабатываемость резанием –  $K_{у\text{ б.ст}} = 0,5$  и  $K_{у\text{ тв.спл}} = 0,9$  при  $HB$  229.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна [85].

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

## Прокаливаемость [12]

Термообработка	Критическая твердость $HRC_3$	Критический диаметр, мм, после закалки в масле
Закалка с $1000\text{--}1050^\circ\text{C}$	63–64	80
Закалка с $950^\circ\text{C}$	59–61	

## Сталь X12

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковка и ковкая заготовка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71.

Назначение – холодные штампы высокой устойчивости против истирания, не подвергающиеся сильным ударам и толчкам; волочильные доски, глазки для калибрования пруткового металла под накатку резьбы, гибочные и формовочные штампы, сложные секции кузовных штампов, матриц и пуансонов вырубных и прорезных штампов, а также штамповки активной части электрических машин и т. д.

## Температура критических точек, $^\circ\text{C}$ [112]

$A_{c1}$	$A_{c_m}$	$A_{r_m}$	$A_{r1}$	$M_n$
810	835	770	755	180



### Химический состав, % (ГОСТ 5950-73)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni	Cu	W	Mo	Ti	V
				не более							
2,00-2,20	0,10-0,40	0,15-0,45	11,50-13,00	0,030	0,03	0,35	0,30	0,20	0,20	0,03	0,15

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950-73) [112]

Состояние поставки, режим термообработки	Твердость HRC <sub>s</sub> , HB
Прутки и полоса отожженные или высокоотпущенные	До HB 255
Образцы. Закалка с 970 °С в масле; отпуск при 180 °С	Св. 62
Изотермический отжиг при 830-850 °С, охл. со скоростью 40 град/ч до 720-740 °С, выдержка 3-4 ч, охл. со скоростью 50 град/ч до 550 °С на воздухе	HB 255
Подогрев при 650-700 °С; закалка с 950-980 °С в масле; отпуск (окончательная термообработка) с охл. на воздухе при:	
180-200 °С, 1,5 ч	61-63
320-350 °С, 1,5 ч	58-59

### Ударная вязкость и твердость стали в зависимости от температуры отпуска

t <sub>отп.</sub> , °С	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>s</sub>
<i>Изотермическая закалка с 1000 °С с выдержкой 40 мин при 250-350 °С; отпуск с выдержкой 1 ч [120]</i>		
150	22	64
200	22	63
250	23	61
<i>Изотермическая закалка с 1050 °С с выдержкой 40 мин при 250-350 °С; отпуск с выдержкой 1 ч [120]</i>		
150	32	62
200	33	60
250	34	58
<i>Закалка с 960-980 °С в масле; выдержка при отпуске 1,5 ч [112]</i>		
200	10	64
300	15	62
400	34	59
500	-	56

### Технологические свойства [112]

Температураковки, °С: начала 1100, конца 850. Охлаждение замедленное в ко- лодцах.

### Сталь X12Ф1

Заменитель - стали X6ВФ, X6В3ФМ.

Вид поставки - сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950-73, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88. Калиброванный прутки ГОСТ 5950-73, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 5950-73, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 4405-75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 5950-73, ГОСТ 1133-71.

Назначение – профилировочные ролики сложной формы, эталонные шестерни, накатные плашки, волокни, секции кузовных штампов сложной формы, сложные дыропрошивные матрицы при формовке листового металла, матрицы и пуансоны вырубных и просечных штампов со сложной конфигурацией рабочих частей, пуансоны и матрицы холодного выдавливания, работающие при давлении до 1400–1600 МПа.

### Температура критических точек, °C [112]

$A_{C1}$	$A_{Cm}$	$A_{rCm}$	$A_{r1}$	$M_n$
810	860	780	760	225

### Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

C	Si	Mn	Cr	V	S	P	Ni	Cu
					не более			
1,25–1,45	0,15–0,35	0,15–0,40	11,0–12,50	0,70–0,90	0,030	0,030	0,35	0,30

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950–73) [112]

Состояние поставки	Твердость, HRC <sub>s</sub> , HB
Прутки и полоса отожженные или высокоотпущенные	До HB 255
Образцы. Закалка с 1050–1100 °C в масле	Св. 61
Высокий отпуск: нагрев со скоростью ≤ 100 град/ч до 760–790 °C, охл. с печью или на воздухе	HB 207–255
Отжиг: нагрев со скоростью ≤ 100 град/ч до 850–870 °C, охл. с печью со скоростью ≤ 50 град/ч до 500–600 °C, охл. на воздухе	HB 207–255
Изотермический отжиг при 850–870 °C, охл. со скоростью 40 град/ч до 700–720 °C, выдержка 3–4 ч, охл. со скоростью 50 град/ч до 550 °C, охл. на воздухе	HB 255
Подогрев 650–670 °C. Закалка с 1030–1050 °C в масле; отпуск при 180–200 °C, 1,5 ч, охл. на воздухе (режим окончательной термообработки)	61–63
Подогрев 650–670 °C. Закалка с 1030–1050 °C, охл. в селитре; отпуск при 400–420 °C, 1,5 ч, охл. на воздухе (режим окончательной термообработки)	58–59

### Твердость стали в зависимости от температуры испытания [187]

$t_{исп}$ , °C	Твердость HRC <sub>s</sub>
100	64
200	64
300	61
400	69
500	56

Примечание. Закалка с 1050 °C; отпуск при 180 °C.

### Ударная вязкость стали в зависимости от сечения [188]

Сечение, мм	Место вырезки образцов	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
35	Ц	47
50	Ц	38
	К	45
60	–	60
90	Ц	22
	К	36

Сечение, мм	Место вырезки образцов	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
130	Ц	17
	1/2R	24
	К	34

Примечание. Закалка с 1040 °С; отпуск при 400 °С.

### Ударная вязкость KCU и твердость в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{отп}$ , °С	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
200	24	63
300	29	66
400	65	59
450	73	59
500	35	59

Примечание. Закалка с 1030–1050 °С в масле; выдержка при отпуске 1,5 ч.

### Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1160, конца 850. Сечения до 200 мм подвергаются низкотемпературному отжигу с одним переохлаждением.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.

Обработываемость резанием —  $K_{v, тв.спл} = 0,8$  и  $K_{v, б.ст} = 0,3$  в горячекатаном состоянии при HB 217–228.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

### Теплостойкость

Температура, °С	Время, ч	Твердость HRC <sub>3</sub>
150–170	1	63
490–510		59

Примечание. Критический диаметр равен 80–100 мм при закалке в масле; 80–100 мм — при закалке в селитре; 50–60 мм — на воздухе. Шлифуемость — удовлетворительная.

## Сталь X12MФ

Заменитель — стали X6ВФ, X12Ф1, X12ВМ.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71.

Назначение — профилировочные ролики сложных форм, секции кузовных штампов сложных форм, сложные дыропрошивные матрицы при формовке листового металла, эталонные шестерни, накатные плашки, волоки, матрицы и пуансоны вырубных просечных штампов со сложной конфигурацией рабочих частей, штамповки активной части электрических машин.

### Температура критических точек, °C [112]

$A_{C1}$	$A_{Cm}$	$A_{rCm}$	$A_{r1}$	$M_n$
810	860	780	760	225

### Химический состав, % (ГОСТ 5950-73)

C	Si	Mn	Cr	V	Mo	S	P	Ni	Cu
						не более			
1,45-1,65	0,10-0,40	0,15-0,45	11,00-12,50	0,15-0,30	0,40-0,60	0,030	0,030	0,35	0,30

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950-73) [112]

Состояние поставки	Твердость $HRC_3$ , HB
Прутки и полоса отожженные или высокоотпущенные	До HB 255
Образцы. Закалка с 970 °C в масле; отпуск при 180 °C	Св. 61
Закалка с 1020 °C на воздухе; отпуск при:	
200 °C	63
300 °C	61
400 °C	60
500 °C	61
Изотермический отжиг: нагрев 850-870 °C, охл. со скоростью 40 град/ч до 700-720 °C, выдержка 3-4 ч, охл. со скоростью 50 град/ч до 550 °C на воздухе	HB 255
Подогрев 650-700 °C. Закалка с 1000-1030 °C в масле; отпуск при 190-210 °C, 1,5 ч, охл. на воздухе (режим окончательной термообработки)	61-63
Подогрев 650-700 °C. Закалка с 1000-1030 °C в селитре; отпуск при 320-350 °C, 1,5 ч, охл. на воздухе (режим окончательной термообработки)	58-59

### Ударная вязкость и твердость стали в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{отп}$ , °C	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость $HRC_3$
200	43	63
300	64	61
400	54	60
500	30	60
550	-	52

П р и м е ч а н и е. Закалка с 1000-1030 °C в масле; выдержка при отпуске 1,5 ч.

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания [81]

$t_{исп}$ , °C	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
700	140	44	68
800	125	-	58
900	81	46	54
1000	46	-	49
1100	25	48	48
1200	8	3	14

П р и м е ч а н и е. Образцы диаметром 10 мм, длиной 50 мм, кованные и отожженные. Скорость деформирования 1,1 мм/мин; скорость деформации 0,0004 1/с.

### Предел выносливости при $n = 10^7$ [29]

$\sigma_{-1}$ , МПа	Твердость $HRC_3$
800	60
650	56

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1140, конца 850. Охлаждение в колодцах или термостатах [82].

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций [81].

Обработываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,8$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,3$  в горячекатаном состоянии при  $HV\ 217-228$  и  $\sigma_b = 710$  МПа [81].

Склонность к отпускной хрупкости — склонна [88].

### Теплостойкость

Температура, °С	Время, ч	Твердость HRC <sub>2</sub>
150–170	1	63
490–510		59

Примечание. Шлифуемость — удовлетворительная [81].

### Критический диаметр, мм, при закалке [81] в различных средах

Закалочная среда		
масло	селитра	воздух
80–100	80–100	50–60

### Сталь X12BM

Заменитель — сталь X12M.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71, ГОСТ 7831–78.

Назначение — холодные штампы высокой устойчивости против истирания, не подвергающиеся сильным ударам и толчкам, волочильные доски и волоки, глазки для калибрования пруткового металла под накатку резьбы, гибочные и формовочные штампы, сложные кузовные штампы, матрицы и пуансоны вырубных и просечных штампов, штамповки активной части электрических машин.

Температура критических точек:  $A_{c1} = 815$  °С,  $M_n = 225$  °С [83].

### Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	P	S	Ni	Cu
							не более			
2,00–2,20	0,10–0,40	0,15–0,45	11,00–12,50	0,50–0,80	0,15–0,30	0,60–0,90	0,030	0,030	0,35	0,30

## Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950-73) [112]

Состояние поставки	Твердость HRC <sub>3</sub> , HB
Пруток и полоса отожженные или высокоотпущенные	До HB 255
Образцы. Закалка с 1020 °С в масле; отпуск при 180 °С	Св. 61
Изотермический отжиг при 830-850 °С, охл. со скоростью 40 град/ч до 700-720 °С, выдержка 3-4 ч, охл. со скоростью 50 град/ч до 550 °С на воздухе	До HB 255
Подогрев 650-700 °С. Закалка с 1000-1030 °С в масле; отпуск (окончательная термообработка) с охл. на воздухе при:	
180-200 °С, 1,5 ч	61-63
350-400 °С, 1,5 ч	58-60

### Ударная вязкость и твердость стали в зависимости от температуры отпуска [112]

t <sub>отп.</sub> , °С	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
200	23	62
300	35	59
400	44	59
450	38	-
500	27	-
550	-	59

Примечание. Закалка с 1020 °С в масле; выдержка при отпуске 1,5 ч.

### Технологические свойства [112]

Температураковки, °С; начала 1100, конца 850. Охлаждение замедленное, в колодцах.

## Сталь 7ХГ2ВМФ

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950-73, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950-73, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950-73, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 4405-75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 6950-73, ГОСТ 1133-71.

Назначение — штампы объемного холодного деформирования и вырубной инструмент сложной конфигурации, используемые при производстве изделий из цветных сплавов и малопрочных конструкционных сталей.

### Температура критических точек, °С [112]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub> (Ac <sub>m</sub> )	Ar <sub>3</sub> (Arc <sub>m</sub> )	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
765	825	430	310	160

### Химический состав, % (ГОСТ 5950-73)

C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	S P Ni Cu			
							не более			
0,68-0,76	0,20-0,40	1,80-2,30	1,50-1,80	0,55-0,90	0,10-0,25	0,50-0,80	0,030	0,030	0,35	0,30

## Механические свойства (ГОСТ 5950-73) [109, 29]

Состояние поставки	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость
Прутки и полосы отожженные или высокоотпущенные	—	До HB 255
Образцы. Закалка с 840-880 °С на воздухе	—	Св. HRC <sub>3</sub> , 59
Подогрев 650-700 °С. Закалка с 850-860 °С в масле + отпуск при 140-160 °С, 1,5 ч, охл. на воздухе (режим окончательной термообработки)	118-147	HRC <sub>3</sub> , 60-61
Подогрев 650-700 °С. Закалка с 850-860 °С на воздухе + отпуск при 200 °С, 1,5 ч, охл. на воздухе	137-157	HRC <sub>3</sub> , 58-59
Закалка с 850 °С + отпуск при 200 °С, азоти-рование при 530 °С (степень диссоциации аммиака 25-30 %):		
3 ч, глубина азотированного слоя 0,07-0,08 мм	—	HV 660-730
6 ч, глубина азотированного слоя 0,13-0,15 мм	—	HV 1070-1100

### Механические свойства в зависимости от сечения заготовки [29]

Сечение, мм	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
15	50	61
25	45	61
50	40	60
100	36	60

Примечание. Закалка на мелкое зерно; отпуск при 150-160 °С (место вырезки образцов 1/2R)

### Твердость стали HRC<sub>3</sub> в зависимости от температуры отпуска [109]

t <sub>отп.</sub> , °С	Твердость HRC <sub>3</sub>
150	62
200	61
250	59
300	58
350	56

Примечание. Закалка с 850 °С на воздухе.

### Ударная вязкость KCU в зависимости от температуры отпуска [29]

t <sub>отп.</sub> , °С	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
150	59
250	78
300	59
350	59
400	157

Примечание. Поковка. Закалка на мелкое зерно (образцы сечением 25 мм).

### Предел выносливости [29]

σ <sub>-1</sub> , МПа	n	Твердость HB
700	10 <sup>6</sup>	470
750	10 <sup>7</sup>	530

### Технологические свойства [112]

Температураковки, °С: начала 1160, конца 800. Охлаждение замедленное в ко-  
лодцах.

## Сталь 7Х3

Заменитель — сталь 8Х3.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–71. Калиброванный пруткок ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, Шлифованный пруткок и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 5950–73, ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71, ГОСТ 7831–78.

Назначение — инструмент (пуансоны, матрицы) горячей высадки крепежа и заготовок из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей на горизонтально-ковочных машинах, детали штампов (матрицы, пуансоны, выталкиватели) для горячего прессования и выдавливания этих материалов на кривошипных прессах, гибочные, обрезные и просечные штампы.

### Температура критических точек, °С [112]

Ac <sub>1</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
770	730	400

### Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni	Cu	W	Mo	Ti	V
				не более							
0,65–0,75	0,15–0,35	0,15–0,40	3,20–3,80	0,030	0,03	0,35	0,30	0,20	0,20	0,03	0,15

### Механические свойства [160]

Термообработка	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	ψ, %	δ <sub>5</sub> , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
Подогрев 650–700 °С; закалка с 850–880 °С в масле	1620–1710	1670–1760	4–7	16–19	18–20	40–44
+ отпуск при 480–500 °С						

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [112]

t <sub>отп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
300	1650	1930	4	12	17	52
400	1440	1690	5	24	29	47

Примечание. Закалка с 870 °С в масле; выдержка при отпуске 2 ч.

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания [112]

t <sub>исп</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
20	1240	1320	10	36	37	40
300	880	1030	12	34	71	–
400	780	910	16	55	67	–
500	550	690	18	68	51	–

Примечание. Закалка с 870 °С в масле; отпуск при 500 °С, 2 ч.

### Твердость стали в зависимости от температуры отпуска [81]

t <sub>отп</sub> , °С	Твердость HRC <sub>3</sub>	t <sub>отп</sub> , °С	Твердость HRC <sub>3</sub>
150–200	61–63	400–500	52–56
200–300	59–61	500–600	41–52
300–400	56–59		

Примечание. Закалка с 850–880 °С в масле.



## Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1180, конца 800. Сечения до 300 мм охлаждаются в яме.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

Флокеночувствительность — чувствительна.

## Сталь 8Х3

Заменитель — сталь 7Х3.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950-73, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950-73, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950-73, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 5950-73, ГОСТ 4405-75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 5950-73, ГОСТ 1133-71.

Назначение — инструмент (пуансоны, матрицы) горячей высадки крепежа и заготовок из углеродистых низколегированных конструкционных сталей на горизонтально-ковочных машинах, детали штампов (матрицы, пуансоны, выталкиватели) для горячего прессования и выдавливания, гибочные и просечные штампы.

## Температура критических точек, °С [112]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
785	830	770	750	370

## Химический состав, % (ГОСТ 5950-73)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni	Cu	W	Mo	Ti	V
				не более							
0,75-0,85	0,15-0,35	0,15-0,40	3,20-3,80	0,030	0,030	0,35	0,30	0,20	0,20	0,03	0,15

## Механические свойства [160]

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\psi$ , %	$\delta_5$ , %	KCU <sub>1</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
Подогрев 650-700 °С. Закалка 820-850 °С, масло. Отпуск 480-550 °С	1420-1520	1470-1570	6-9	18-20	20-24	44-48

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
300	1800	1980	3	—	20	55
400	1630	1710	6	10	23	52
500	1270	1340	8	25	34	44

Примечание. Закалка с 870 °С в масле; выдержка при отпуске 2 ч.

## Механические свойства в зависимости от температуры испытания [112]

$t_{\text{исп.}}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
200	1080	1270	8	27	46
300	1030	1220	10	28	54
400	930	1110	15	47	49
500	640	800	20	65	44

Пр и м е ч а н и е. Закалка с 870 °С в масле; отпуск при 500 °С, 2 ч.

## Технологические свойства [112]

Температура ковки, °С: начала 1160, конца 850. Охлаждение замедленное в ко-  
лодцах.

## Сталь 5ХНМ

Заменитель – стали ХНВ, 5ХГМ, 4ХМФС, 5ХНВС, 4Х5В2ФС.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Проволока ГОСТ 10543–82. Поковки и ко-  
ваные заготовки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71.

Назначение – молотовые штампы паровоздушных и пневматических молотов с  
массой падающих частей свыше 3 т, прессовые штампы и штампы машинной ско-  
ростной штамповки при горячем деформировании легких цветных сплавов, блоки  
матриц для вставок горизонтально-ковочных машин.

## Температура критических точек, °С [112]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
730	780	640	610	230

## Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	P	S	Cu
						не более		
0,50–0,60	0,10–0,40	0,50–0,80	0,50–0,80	0,15–0,30	1,40–1,80	0,030	0,030	0,30

## Твердость (ГОСТ 5950–73) [112]

Состояние поставки	Твердость $HRC_3, HB$
Пруток и полоса отожженные или высокоотпущенные	До $HB$ 241
Образцы. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 550 °С	Св. 36
Подогрев 700–750 °С. Закалка с 840–860 °С в масле; отпуск (окончательная термообработка) при:	
400–480 °С	44–48
500–550 °С	40–43

### Механические свойства в зависимости от сечения [112]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость	
						поверхности HRC <sub>3</sub>	сердцевины HB
До 100	—	—	—	—	—	57	—
100–200	1420	1570	9	35	34	42–47	375–429
200–300	1270	1470	11	38	44	40–44	352–397
300–500	1130	1320	12	36	49	37–42	321–375
500–700	930	1180	15	40	78	35–39	302–341

Примечание. Закалка с 850 °С в масле; отпуск при 460–520 °С.

### Твердость стали в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB, HRC <sub>3</sub>
<i>Закалка с 850 °С в масле; выдержка при отпуске 2 ч</i>						
400	1370	1570	10	40	33	(47)
450	1400	1490	—	36	37	(45)
500	1270	1370	—	36	46	(43)
550	1180	1310	—	35	59	(40)
<i>Закалка с 840–860 °С в масле или воде–масле</i>						
450–510	—	—	—	—	—	415–477
500–550	—	—	—	—	—	341–388
660–600	—	—	—	—	—	285–321

### Твердость стали в зависимости от температуры испытания [188]

$t_{исп}$ , °С	Твердость HRC <sub>3</sub>	$t_{исп}$ , °С	Твердость HRC <sub>3</sub>
<i>Закалка 850 °С; отпуск при 450 °С</i>		<i>Закалка с 850 °С; отпуск при 500 °С</i>	
400	43	400	39
500	39	500	28
550	37	550	—
600	26	600	26

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1240, конца 750. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–350 мм – в яме.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, б.ст} = 0,3$  и  $K_{v, тв.спл} = 0,6$  в отожженном состоянии при HB 286 и  $\sigma_b = 900$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Флокеночувствительность – чувствительна.

### Теплостойкость [112]

Температура, °С	Время, ч	Твердость HRC <sub>3</sub>
590	4	37

### Сталь 5ХГМ

Заменитель – стали 5ХНМ, 5ХНВ, 6ХВС, 5ХНС, 5ХНСВ, 5ХГСВФЮ.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73,

ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71, ГОСТ 7831–78.

Назначение – молотовые штампы паровоздушных и пневматических молотов с массой падающих частей до 3 т, ковочные штампы для горячей штамповки, валки крупных, средних и мелкосортных станов для прокатки твердого металла.

### Температура критических точек, °C [139]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{rcm}$	$M_n$
700	800	700	220

### Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

C	Si	Mn	Cr	Mo	S	P	Ni	Cu
					не более			
0,50–0,60	0,25–0,60	1,20–1,60	0,60–0,90	0,15–0,30	0,030	0,030	0,35	0,30

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950–73) [82, 112]

Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость HRC <sub>3</sub> , HB
Пруток и полоса отожженные или высокоотпущенные	–	До HB 241
Образцы. Закалка с 820–850 °C в масле	–	Св. 57
Закалка с 820–850 °C в масле для молотовых штампов; отпуск при 490–520 °C, охл. на воздухе:		
мелких	До 300	HB 387–444
средних, отпуск при 530–560 °C, охл. на воздухе	До 400	HB 363–387
крупных, отпуск при 580–620 °C, охл. на воздухе	Св. 400	HB 302–341
Подогрев 700–750 °C. Закалка с 820–850 °C в масле; отпуск (окончательная термообработка) при:		
410–440 °C	–	44–48
480–540 °C	–	40–43

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [82]

$t_{отп}$ , °C	Сечение, мм	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость	
						поверхности HRC <sub>3</sub>	сердцевины HB
410–440	До 100	1570	5	15	20	44–48	–
490–520	100–300	1420	10	–	29	–	387–444
530–560	300–400	1250	10	32	44	–	363–387

Примечание. Закалка с 820–850 °C в масле.

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания [112]

$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB, (HRC <sub>3</sub> )
Закалка с 850 °C в масле; отпуск при 450 °C, 2 ч						
20	1450	1570	9	26	36	(47)
400	1080	1280	11	40	44	(37)
500	860	980	15	55	–	(32)
600	390	700	25	80	40	(27)
Закалка с 850 °C в масле; отпуск при 500–550 °C (заготовка диаметром 20 мм)						
200	1030	1220	–	31	59	360
300	980	1180	12	48	64	330
400	850	980	10	62	49	310
500	680	780	12	81	34	302

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–350 мм – в яме.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обрабатываемость резанием –  $K_v$  тв.спл = 0,6 и  $K_v$  б.ст = 0,3 в горячекатаном состоянии при  $HB\ 207$  и  $\sigma_b = 900$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

Флокеночувствительность – чувствительна.

### Теплостойкость

Температура, °С	Твердость HRC <sub>3</sub>
350–375	47

## Сталь 4ХМФС

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71, ГОСТ 7831–78.

Назначение – молотковые штампы паровоздушных и пневматических молотов с массой падающих частей до 3 т при деформации легированных конструкционных и нержавеющей сталей, прессовый инструмент для обработки алюминиевых сплавов, вставки и пуансоны для высадки на горизонтально-ковочных машинах.

### Температура критических точек, °С [112]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
760	805	710	630	280

### Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

C	Si	Mn	Cr	V	Mo	Ni	Cu	S	P
						не более			
0,37–0,45	0,50–0,80	0,50–0,80	1,50–1,80	0,30–0,50	0,90–1,20	0,35	0,30	0,030	0,030

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950–73) [109, 112]

Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость HRC <sub>3</sub> , HB
Прутки и полосы отожженные или высокоотпущенные	–	До HB 241
Образцы. Закалка с 920–930 °С в масле	–	Св. 56
Подогрев до 700–750 °С. Закалка с 910–930 °С в масле; отпуск при 580–620 °С; отпуск при 550–580 °С (окончательная термообработка)	–	45–48
Подогрев 700–750 °С. Закалка с 910–930 °С в масле; отпуск при 630–660 °С; отпуск при 580–600 °С (окончательная термообработка)	–	40–44

Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость HRC <sub>3</sub> , HB
Закалка с 910–930 °С; отпуск при 580–600 °С (для молотовых штампов)	До 300	42–47
Закалка с 910–930 °С; отпуск при 600–620 °С (для молотовых штампов)	Св. 300	40–43
Закалка с 920–950 °С; отпуск при 530–550 °С (для прессов)	До 300	47–49
Закалка с 920–950 °С; отпуск при 580–600 °С (для прессов)	Св. 300	44–46

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 920 °С в масле; отпуск при 560 °С, 2 ч [112]</i>					
300	1250	1390	11	44	44
400	1180	—	12	49	49
500	1180	1270	13	55	—
600	950	1070	14	63	53
<i>Штамп сечением до 500 мм. Закалка с 950 °С в масле; отпуск при 550 °С [109]</i>					
20	1280	1450	7	20	20
300	1190	1340	8	27	54
600	760	900	10	45	59

П р и м е ч а н и е. Штампы сечением до 500 мм.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
300	1570	2060	10	41	29	51
400	1370	1660	11	38	29	49
500	1340	1610	12	47	39	47
600	1180	1260	14	53	78	42
650	820	880	22	63	157	30

П р и м е ч а н и е. Закалка с 920 °С в масле; выдержка при отпуске 2 ч.

### Технологические свойства [112]

Температураковки, °С: начала 1150, конца 850. Охлаждение замедленное в ко-  
лодках.

#### Теплостойкость

Температура, °С	Время, ч	Твердость HRC <sub>3</sub>
650	4	42

### Сталь 4Х5МФ1С

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71.

Назначение — пресс-формы литья под давлением цинковых, алюминиевых и магниевых сплавов, молотовые и прессовые вставки (сечением до 200–250 мм) при горячем деформировании конструкционных сталей, инструмент для высадки заготовок из легированных конструкционных и жаропрочных материалов на горизонтально-ковочных машинах.

### Температура критических точек, °С

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
875	935	815	760	305

### Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

C	Si	Mn	Cr	V	Mo	Ni	Cu	S	P
						не более			
0,37–0,44	0,90–1,20	0,20–0,50	4,50–5,50	0,80–1,10	1,20–1,50	0,35	0,30	0,030	0,030

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950–73) [133, 112]

Состояние поставки, режим термообработки	Твердость HB, HRC <sub>s</sub>
Прутки и полоса отожженные или высокоотпущенные	До 241
Образец. Закалка с 1020–1040 °С в масле; отпуск при 550 °С	Св. HRC <sub>s</sub> 48
Изотермический отжиг. Нагрев со скоростью не более 100 град/ч до 860–880 °С, выдержка 2,5 ч + (1,0–1,5) мин на 1 мм наибольшего сечения, охл. со скоростью 40–50 град/ч до 720–730 °С, изотермическая выдержка 3–4 ч, охл. со скоростью 30–50 град/ч до 400 °С	До 241
Высокий отпуск. Нагрев со скоростью не более 100 град/ч до 750–780 °С, выдержка 2,5 ч + (1,0–1,5) мин на 1 мм наибольшего сечения, охл. со скоростью 30–50 град/ч до 400 °С	До 269
Подогрев 700–750 °С. Закалка с 1020–1040 °С в масле; отпуск при 560–580 °С; отпуск при 520–540 °С	HRC <sub>s</sub> 49–50

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>s</sub>
300	1490	1860	9	28	49	52
400	—	—	8	24	41	54
500	1490	—	8	25	20	55
600	1470	1620	10	46	44	50

Примечание. Закалка с 1020 °С в масле; выдержка при отпуске 2 ч.

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания [112]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
20	1470	1670	10	40	39
200	1340	1620	11	48	54
300	1320	1490	11	46	51
400	1270	1420	11	46	49
500	1170	1320	11	46	41

Примечание. Закалка с 1020 °С в масле; отпуск при 580 °С, 2 ч.

### Технологические свойства [112]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 850. Охлаждение замедленное в ко-  
лодцах.

## Теплостойкость [133]

Температура, °С	Время, ч	Твердость HRC <sub>3</sub>
600	2	47

### Сталь 4Х5МФС

Заменитель – стали 4Х5МФ1С, 4Х4ВМФС.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71.

Назначение – мелкие молотовые штампы, крупные (сечением более 200 мм) молотовые и прессовые вставки при горячем деформировании конструкционных сталей и цветных сплавов в условиях крупносерийного и массового производства, пресс-формы литья под давлением алюминиевых, а также цинковых и магниевых сплавов.

### Температура критических точек, °С [133]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
840	870	810	735	300

### Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

C	Si	Mn	Cr	V	Mo	Ni	Cu	S	P
0,32–0,40	0,90–1,20	0,20–0,50	4,50–5,50	0,30–0,50	1,20–1,50	не более			
0,35	0,30	0,030	0,030						

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950–73) [112]

Состояние поставки	Твердость HB, HRC <sub>3</sub>
Пруток и полоса отожженные или высокоотпущенные	До HB 241
Образцы. Закалка с 1000–1020 °С в масле; отпуск при 550 °С	Св. 48
Подогрев 700–750 °С. Закалка с 1000–1020 °С в масле; отпуск при 530–560 °С; отпуск при 500–520 °С (окончательная термообработка)	49–51

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания [112]

t <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
20	1570	1710	12	54	51	50
300	1320	1540	12	48	61	50
400	1270	1470	12	49	62	52
500	1130	1370	10	52	55	47
550	1160	1290	12	50	50	44

Примечание. Закалка с 1000 °С в масле; отпуск при 560 °С 2 ч.



## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{\text{отп.}}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
500	1420	1720	12	45	49	50
550	—	1670	10	50	56	48
600	1350	1490	13	53	59	45
650	960	1080	15	60	79	34

Примечание. Закалка с 1000 °C в масле; выдержка при отпуске 2 ч.

### Ударная вязкость KCU

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °C		
	+20	-40	-70
Закалка; отпуск при 600 °C	29	20	10

### Технологические свойства [112]

Температураковки, °C: начала 1180, конца 850. Охлаждение замедленное в колдчах.

### Теплостойкость [133]

Температура, °C	Время, ч	Твердость HRC <sub>3</sub>
590	2	47

## Сталь 3Х3М3Ф

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950-73, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950-73, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950-73, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 4405-75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 5950-73, ГОСТ 1133-71, ГОСТ 7831-78.

Назначение — инструмент горячего деформирования на кривошипных прессах и горизонтально-ковочных машинах, подвергающийся в процессе работы интенсивному охлаждению (как правило, для мелкого инструмента), пресс-формы литья под давлением медных сплавов, ножи для горячей резки, охлаждаемые водой.

### Температура критических точек, °C [112]

A <sub>c1</sub>	A <sub>c3</sub>	A <sub>r3</sub>	A <sub>r1</sub>	M <sub>n</sub>
815	875	820	760	340

### Химический состав, % (ГОСТ 5950-73)

C	Si	Mn	Cr	V	Mo	Ni	Cu	S	P
						не более			
0,27-0,34	0,10-0,40	0,20-0,50	2,80-3,50	0,40-0,60	2,50-3,00	0,35	0,30	0,030	0,030

## Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950–73) [133, 112]

Состояние поставки	Твердость HB, HRC <sub>3</sub>
Прутки и полоса отожженные или высокоотпущенные	До HB 229
Образцы. Закалка с 1040 °С в масле; отпуск при 550 °С	Св. 46
Подогрев 700–750 °С. Закалка с 1030–1050 °С в масле; отпуск при 580–600 °С; отпуск при 540–560 °С (окончательная термообработка)	49–50

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
500	1320	—	14	45	49	49
550	—	—	13	51	29	49
600	—	1670	10	51	22	48
650	1270	1460	10	47	48	44

Примечание. Закалка с 1040 °С в масле; выдержка при отпуске 2 ч.

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания [112]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
20	1470	1670	—	50	22	49
300	1270	1450	10	—	61	48
400	—	1370	10	50	61	48
500	1140	1270	10	51	55	44
600	980	1130	12	54	50	35

Примечание. Закалка с 1040 °С в масле; отпуск при 600 °С 2 ч.

### Ударная вязкость KCU и твердость в зависимости от сечения

Сечение, мм	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
10	24	49–50
120	7	49–50
200	7	49–50

Примечание. Закалка с 1040 °С в масле; отпуск при 600 °С 2 ч.

### Технологические свойства [112]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 850. Охлаждение замедленное в ко-  
лодцах.

### Теплостойкость [133]

Температура, °С	Время, ч	Твердость HRC <sub>3</sub>
590	2	47

## Сталь 3Х2В8Ф

Заменитель — стали 4Х5В2ФС, 4Х2В2МФС, 5Х3В3МФС.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный прутки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 5950–73,

ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 4405-75. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 5950-73, ГОСТ 1133-71.

Назначение — тяжело нагруженный прессовый инструмент (мелкие вставки окончателного 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.

### Температура критических точек, °C [112]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
800	860	750	690	380

### Химический состав, % (ГОСТ 5950-73)

C	Si	Mn	Cr	W	V	S	P	Ni	Cu	Mo
						не более				
0,30-0,40	0,15-0,40	0,15-0,40	2,20-2,70	7,50-8,50	0,20-0,50	0,030	0,030	0,35	0,030	0,50

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950-73) [81, 112, 29]

Состояние поставки	Твердость
Прутки и полосы отожженные или высокоотпущенные	До HB 241
Образцы. Закалка с 1075-1125 °C в масле	Св. HRC <sub>3</sub> 49
Подогрев 840-860 °C. Закалка с 1120-1160 °C в масле; отпуск при 660-680 °C, охл. на воздухе* <sup>1</sup>	HRC <sub>3</sub> 40-45
Подогрев 840-860 °C. Закалка с 1070-1100 °C в масле; отпуск при 620-650 °C, охл. на воздухе* <sup>2</sup>	HRC <sub>3</sub> 42-45
Сечение до 400 мм. Закалка с 1080-1100 °C в масле или на воздухе; отпуск при 580-590 °C, охл. с печью и при 540-550 °C, охл. с печью	HB 402-475
Подогрев 700-750 °C. Закалка с 1130-1150 °C в масле; отпуск при 640-660 °C и при 600-620 °C	HRC <sub>3</sub> 44-48
Закалка с 1150 °C; отпуск при 620 °C; азотирование при 530 °C; степень диссоциации аммиака 25-30 %:	
3 ч, толщина слоя 0,07-0,08 мм	HV 1000-1080
6 ч, толщина слоя 0,10-0,12 мм	HV 1100-1600

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

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

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [112]

t <sub>отп</sub> , °C	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
600	—	1720	10	41	20	52
625	1460	1640	7	28	25	50
650	1390	1530	12	36	20	48
675	1310	1430	10	36	25	45

Примечание. Закалка с 1130 °C в масле; выдержка при отпуске 2 ч.

### Твердость стали в зависимости от температуры испытания [187]

t <sub>исп</sub> , °C	Твердость HRC <sub>3</sub>	t <sub>исп</sub> , °C	Твердость HRC <sub>3</sub>
400	47	600	33
500	43	650	28
550	41	700	22

Примечание. Закалка с 1140 °C, отпуск при 650 °C.

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1200, конца 900. Охлаждение до 700 °С на воздухе, далее в песке.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций [81].

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, б.ст} = 0,45$  и  $K_{v, тв.спл} = 0,9$  при  $HB\ 200-220$  и  $\sigma_B = 710$  МПа [52].

Склонность к отпускной хрупкости — склонна [81].

Флокеночувствительность — чувствительна [81].

### Теплостойкость [52]

Температура, °С	Время, ч	Твердость HRC <sub>3</sub>
630–650	3	45–51

### Жаростойкость [103]

$t_{исп.}, °С$	Среда	$\tau, ч$	Глубина, мм/год	Группа стойкости или балл
500	Воздух	4	0,0705	3
600		1	0,193	6

### Сталь 3Х2Н2МВФ

Назначение — ответственные детали прессового инструмента с высокими свойствами прочности и удовлетворительной пластичностью после нормализации и отпуска: втулки контейнеров, пресс-штемпели, иглы и другие детали, работающие при повышенных температурах до 500 °С.

### Химический состав, % (ОСТ 24.959.01)

С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	S	P
								не более	
0,32–0,38	0,17–0,37	0,50–0,80	2,00–2,50	1,40–1,80	0,80–1,00	0,80–1,20	0,20–0,30	0,030	0,030

### Механические свойства при различных температурах испытания [124]

$t_{исп.}, °С$	$\sigma_{0,2}, МПа$	$\sigma_B, МПа$	$\delta_5, \%$	Твердость HB
20	1300	1400	7	388–444
450	1000	1100	8	—
500	950	1050	8	—

Примечание. Поковки сечением до 700 мм. Нормализация при 950–960 °С, охл. на воздухе; двухступенчатый отпуск 550–580 °С, охл. с печью (образцы тангенциальные).

Предел длительной прочности:  $\sigma_{300}^{450} = 1000$  МПа;  $\sigma_{300}^{500} = 900$  МПа.

### Технологические свойства [83]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 900.

Свариваемость — трудносвариваемая.

Флокеночувствительность — малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — малосклонна.

## Прокаливаемость [124]

Термообработка	Твердость $HRC_2$	Расстояние от охлаждаемого торца, мм
Закалка, вода	51,5	60
	43,5	200

## Сталь 27Х2Н2М1Ф

Назначение – ответственные детали прессового инструмента с повышенными свойствами прочности и повышенной пластичностью после нормализации и отпуска: втулки контейнеров, кольца, пресс-штембели, иглы и другие детали, работающие при температурах до 500 °С.

### Химический состав, % (ТУ 24-1-12-180–75)

С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	S	P
							не более	
0,25–0,30	0,17–0,37	0,50–0,80	2,00–2,50	1,40–1,80	0,80–1,00	0,20–0,30	0,030	0,030

### Механические свойства поковок сечением до 700 мм при различных температурах испытания [124]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0.2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	Твердость $HB$
20	1200	1300	9	363–444
450	900	1000	10	–
500	850	950	10	–

Примечание. Нормализация при 950–960 °С, охл. на воздухе; двукратный отпуск при 540–570 °С, охл. с печью (образцы тангенциальные).

Предел длительной прочности:  $\sigma_{300}^{450} = 900$  МПа;  $\sigma_{300}^{500} = 800$  МПа.

### Технологические свойства [83]

Температура ковки, °С: начала 1200, конца 900.

Свариваемость – трудносвариваемая.

Флокеночувствительность – малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

### Прокаливаемость

Термообработка	$\sigma_{1/10000}^{400}$	Расстояние от охлаждаемого торца, мм
Закалка, вода	44–47	80
	38	200

## Сталь 6ХС

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный прутки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75,

ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950-73, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 5950-73, ГОСТ 4405-75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 5950-73, ГОСТ 1133-71.

Назначение — пневматические зубила и штампы небольших размеров для холодной штамповки, рубильные ножи.

### Температура критических точек, °С [112]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$M_n$
770	830	250

### Химический состав, % (ГОСТ 5950-73)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni	Cu	W	Mo	Ti	V
не более											
0,60-0,70	0,60-1,00	0,15-0,40	1,00-1,30	0,030	0,03	0,35	0,30	0,20	0,20	0,03	0,15

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950-73) [112]

Состояние поставки	Твердость $HRC_s$ , $HВ$
Пруток и полоса отожженные или высокоотпущенные	До $HВ$ 229
Образцы. Закалка с 840-860 °С в масле	Св. 57
Подогрев 700-750 °С. Закалка с 840-860 °С в масле, отпуск при 240-270 °С, охл. на воздухе (окончательная термообработка)	53-56

### Механические свойства в зависимости от температуры испытаний [163]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость $HВ$
100	760	11	45	249
200	800	—	—	240
300	800	13	—	230
400	660	16	—	190
500	500	18	48	150
600	330	19	62	130
700	225	22	71	100

Примечание. Закалка в масле; отпуск при 600-620 °С.

### Ударная вязкость КСУ [29]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-21	-60
Закалка с 840-860 °С в масле; отпуск при 250 °С	—	24	21
Закалка с 840-860 °С в масле; изотермическая выдержка при 250 °С	343	13	12

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость $HRC_s$
200	2060	—	2	—	—	59
300	1910	2080	3	20	24	56
400	1760	1910	4	25	20	52
500	1250	1400	8	30	39	45
600	980	1070	20	—	46	—

Примечание. Закалка с 880 °С в масле; выдержка при отпуске 2 ч.

## Технологические свойства [29]

Температураковки, °С: начала 1170, конца 850, охлаждение в футерованной яме или под слоем песка.

### Сталь 4ХВ2С

Заменитель – стали 4Х5В2ФС, 3Х2В8Ф, 4Х8В2, 4Х3В8М, 4Х3В2М2.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71.

Назначение – пневматический инструмент: зубила, обжимки, вырубные и обрезные штампы сложной формы, работающие с повышенными ударными нагрузками.

### Температура критических точек, °С [112]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$M_n$
780	840	315

### Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

С	Si	Mn	Cr	W	Ni	Cu	S	P
					не более			
0,35–6,45	0,60–0,90	0,15–0,40	1,00–1,30	2,00–2,50	0,35	0,30	0,030	0,030

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950–73) [112]

Состояние поставки	Твердость HRC, HB
Пруток и полоса отожженные или высокоотпущенные Образцы. Закалка с 860–900 °С в масле	До HB 229 Св. 54
Отжиг при 800–820 °С, охл. 50 град/ч до 600 °С на воздухе	HB 229
Подогрев 700–750 °С. Закалка с 860–900 °С в масле; отпуск:	
при 200–250 °С, охл. на воздухе (окончательная термообработка)	54–59
при 430–470 °С, охл. на воздухе (окончательной термообработки)	47–52

### Механические свойства в зависимости от температуры испытаний [112]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
20	1300	1470	8	35	29
200	1320	1500	10	47	44
300	1340	–	12	49	41
400	1250	1370	13	60	39
500	1090	1170	13	60	42
600	590	590	20	80	88

Примечание. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 430 °С 2 ч.

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{\text{отп.}}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$	Твердость $HRC_3$
200	1700	1910	5	35	23	55
300	1630	1760	8	36	22	52
400	1450	1620	9	37	29	50
500	1260	1370	10	40	34	42
600	1140	1180	11	48	41	39

Примечание. Закалка с 880 °С в масле; выдержка при отпуске 8 ч.

## Технологические свойства [112, 104]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 850. Охлаждение замедленное в колодцах.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Флокеночувствительность – чувствительна.

## Сталь 5ХВ2С

Заменитель – сталь 6ХВ2С.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71.

Назначение – ножи при холодной резке металла, резьбонакатные плашки, пуансоны и обжимные матрицы при холодной работе, штампы сложной формы, работающие с повышенными ударными нагрузками.

## Температура критических точек, °С [112]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$M_n$
775	800	295

## Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

C	Si	Mn	Cr	W	S	P	Ni	Cu	Mo	V
					не более					
0,45–0,55	0,80–1,10	0,15–0,45	0,90–1,20	1,80–2,30	0,030	0,030	0,35	0,30	0,30	0,30

## Механические свойства (ГОСТ 5950–73) [18]

Состояние поставки, режим термообработки	$KCU, \text{Дж/см}^2$	Твердость $HRC_3, HB$
Пруток и полоса отожженные или высокоотпущенные	–	До $HB\ 229$
Образцы. Закалка с 910 °С в масле; отпуск при 180 °С	–	Св. 56
Подогрев 700–750 °С. Закалка с 860–900 °С в масле; отпуск (окончательная термообработка) при:	–	54–59
200–250 °С, охл. на воздухе	–	47–52
430–470 °С, охл. на воздухе	–	



Состояние поставки, режим термообработки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>s</sub> , HB
Образцы из горячекатаной и отожженной полосы сечением 10–15 мм. Изотермическая закалка с 1000 °С, охл. в смеси солей, температура изотермы:		
220 °С, выдержка 30 мин	35	56
300 °С, выдержка 30 мин	69	52
400 °С, выдержка 30 мин	73	41

**Механические свойства в зависимости от температуры испытаний [136]**

$t_{исл}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
200	1470	1620	5	15	34
300	1420	1570	5	20	34
400	1220	1320	10	45	24
500	1030	1180	12	50	20

Пр и м е ч а н и е. Образец диаметром 20 мм. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 450 °С.

**Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [112]**

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>s</sub>
200	1810	1960	6	13	15	56
300	1720	1830	8	20	18	54
400	1530	1670	9	26	20	52
500	1290	1470	10	30	23	46
600	1030	1180	11	35	34	41

Пр и м е ч а н и е. Закалка с 880 °С в масле; выдержка при отпуске 2 ч.

**Технологические свойства [104, 112]**

Температура ковки, °С: начала 1180, конца 850. Охлаждение замедленное, в колодцах.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.

Склонность к отпускной хрупкости — малосклонна.

Флокеночувствительность — чувствительна.

**Сталь 6ХВ2С**

Заменитель — сталь 6Х3ФС.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71, ГОСТ 7831–78.

Назначение — ножи для холодной резки металла, резбонакатные плашки, пуансоны и обжимные матрицы при холодной работе, штампы сложной формы, работающие с повышенными ударными нагрузками.

### Температура критических точек, °С [112]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$M_n$
775	810	280

### Химический состав, % (ГОСТ 5950-73)

C	Si	Mn	Cr	W	S	P	Ni	Cu	Mo
0,55-0,65	0,50-0,80	0,15-0,40	1,00-1,30	2,20-2,70	0,030	0,030	0,35	0,30	0,30
не более									

### Механические свойства [54, 172]

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>0</sub>
Ножи для холодной резки металла. Загрузка при 800 °С, нагрев по 100 град/ч до 970 °С, выдержка 40 мин, охл. в масле; отпуск при 250 °С, 12 ч	До 45	2240	5	15	29	59-61
Образцы из кованных и отожженных заготовок. Изотермическая закалка с 980-1000 °С, охл. в расплаве солей, температура изотермы: 250 °С, выдержка 30 мин	20-25	2270	-	-	30	57
275 °С, выдержка 30 мин	20-25	2170	-	-	34	67

### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950-73) [112]

Состояние поставки	Твердость HRC <sub>0</sub> , HB
Прутки и полоса отожженные или высокоотпущенные	До HB 269
Образцы. Закалка с 860-900 °С в масле	Св. 58
Подогрев 700-750 °С. Закалка с 860-900 °С в масле; отпуск (окончательная термообработка) при: 200-250 °С, охл. на воздухе	54-59
430-470 °С, охл. на воздухе	47-52

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>0</sub>
200	1910	2100	2	10	98	62
300	1840	1910	4	13	20	57
400	1640	1750	6	16	21	53
500	1550	1590	8	20	24	47
600	1300	1400	10	30	28	45

Примечание. Закалка с 880 °С в масле; выдержка при отпуске 2 ч.

### Механические свойства в зависимости от температуры испытаний [112]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
20	1680	1770	7	18	26
300	1410	1630	8	10	27
400	1250	1390	11	48	24
450	1080	1230	13	53	23

Примечание. Закалка с 880 °С в масле; отпуск при 450 °С, 2 ч.

### Технологические свойства [82, 112]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 850. Охлаждение в колодцах замедленное.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

Флокеночувствительность — чувствительна.

### Сталь 6ХВГ

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный, ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 5950–73, ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 5950–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 5950–73, ГОСТ 1133–71.

Назначение — пуансоны сложной формы для холодной прошивки преимущественно фигурных отверстий в листовом и полосовом материале, небольшие штампы для горячей штамповки, главным образом, когда требуется минимальное изменение размеров при закалке.

#### Температура критических точек, °С [112]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
780	795	695	675	280

#### Химический состав, % (ГОСТ 5950–73)

C	Si	Mn	Cr	W	S	P	Ni	Cu	Mo
					не более				
0,55–0,70	0,15–0,35	0,90–1,20	0,50–0,80	0,50–0,80	0,030	0,030	0,35	0,30	0,30

#### Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950–73) [112]

Состояние поставки	Твердость $HRC_3$ , HB
Пруток и полоса отожженные или высокоотпущенные	До HB 217
Образцы. Закалка с 850–900 °С в масле	Св. 58
Отжиг при 800–820 °С, охл. со скоростью 50 град/ч до 600 °С на воздухе	HB 217
Подогрев 700–750 °С. Закалка с 850–900 °С в масле. Отпуск при: 200–250 °С, охл. на воздухе	54–57
450–480 °С, охл. на воздухе	46–49

#### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость $HRC_3$
200	1820	1852	2	3	26	56
300	1700	2009	1	5	14	55
400	1470	1690	7	26	20	51
450	1450	1570	10	38	46	46
500	1270	1390	10	30	30	40
550	1180	1270	11	20	40	34

Примечание. Закалка с 870 °С в масле; выдержка при отпуске 2 ч.

## Механические свойства в зависимости от температуры испытаний [112]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
200	1240	1460	10	40	51
300	1180	1440	14	49	46
400	1100	1390	11	55	41
500	810	880	15	72	44

Примечание. Закалка с 870 °С в масле; отпуск при 450 °С, 2 ч.

## Технологические свойства [112]

Температураковки, °С: начала 1160, конца 850. Охлаждение замедленное в ко-  
лодцах.

## Сталь 40Х5МФ

Заменитель — сталь 3Х2В8Ф.

Назначение — ответственные детали прессового и штампового инструмента с  
высокими свойствами прочности после нормализации и отпуска: втулки контейне-  
ров, кольца, пресс-штемпели, иглы и другие детали, работающие при температурах  
до 500 °С.

## Температура критических точек, °С [81]

$A_{C1}$	$A_{C3}$
810	855

## Химический состав, % (ТУ 24-1-12-180-75)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	S	P
0,35–0,45	0,17–0,37	0,50–0,80	4,50–5,50	0,30	1,20–1,60	0,40–0,60	не более	
							0,030	0,030

## Механические свойства при различных температурах испытания [83]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	Твердость $HV,$ $HRC_3$
	не менее			
<i>Поковка сечением до 400 мм.</i>				
<i>Нормализация 990–1010 °С, охл. на воздухе.</i>				
<i>Двухкратный отпуск при 550–580 °С, охл. с печью</i>				
20	1300	1400	7	388–444
450	1050	1200	8	—
500	1000	1150	8	—
<i>Двухкратный отпуск при 550–560 °С, охл. с печью</i>				
20	1500	1600	7	$HRC_3$ 45–53
450	1250	1400	7	—
500	1150	1300	7	—

Примечание. Предел длительной прочности:  $\sigma_{300}^{450} = 1000 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{300}^{500} = 950 \text{ МПа}$ .

### Технологические свойства [83]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 900.

Свариваемость – трудносвариваемая.

Флокеночувствительность – малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

#### Прокаливаемость

Термообработка	Твердость $HRC_s$	Расстояние от охлаждаемого торца, мм
Закалка в воде	55	200

### Сталь 4X2НМФ

Заменитель – сталь 38X2НМФ.

Назначение – ковочные штампы с высотой кубика до 700 мм для горячей штамповки деталей из труднодеформируемых материалов.

#### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$
760	820

#### Химический состав, % (ТУ 24-1-12-180-75)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	S	P
							не более	
0,36–0,42	0,17–0,37	0,50–0,80	2,00–2,50	0,80–1,10	0,40–0,60	0,15–0,20	0,030	0,030

#### Твердость [83]

Состояние поставки	Твердость $HV$
Поковка сечением до 700 мм. Нормализация при 890–910 °С, охл. на воздухе; двукратный отпуск при 530–620 °С, охл. с печью или на воздухе	321–364

### Технологические свойства [83]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800.

Свариваемость – трудносвариваемая.

Флокеночувствительность – малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

#### Прокаливаемость

Термообработка	Твердость $HRC_s$	Расстояние от охлаждаемого торца, мм
Закалка в воде	45	140

# СТАЛЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ВАЛКОВАЯ

## Сталь 9Х2

Заменитель — сталь 9Х1.

Вид поставки — валки ОСТ 24.013.20—85, ОСТ 24.013.04—83.

Назначение — рабочие и опорные валки двух- и четырехвалковых клетей листовых станов для холодной прокатки металлов. Рабочие и опорные кованные валки листовых станов для горячей прокатки металлов.

Температура критических точек:  $A_{c1} = 756$  °С,  $A_{c3} = 783$  °С.

### Химический состав, % (ОСТ 24.013.20—85)

С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
					не более	
0,85—0,95	0,20—0,70	0,25—0,50	1,70—2,10	0,50	0,030	0,030

### Механические свойства

Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость HSD
<i>ОСТ 24.013.20—85</i>		
Бочки рабочих валков (после индукционной термообработки): дрессировочных и чистовых клетей станов холодной прокатки, тип 1	До 650	95—105
клетей станов холодной прокатки, тип 2	До 900	90—96
станов теплой прокатки, тип 3	До 900	75—90
Бочки или бандажи опорных валков (после термообработки): тип 4* <sup>1</sup>	До 1600	70—85
тип 5	До 1600	45—69
Шейки рабочих и опорных валков	—	30—55
<i>ОСТ 24.013.04—83</i>		
Бочки рабочих валков листовых станов для горячей прокатки: нормализация и отпуск	До 1000	35—55
закалка и отпуск	—	45—60
Шейки рабочих валков листовых станов для горячей прокатки. Нормализация и отпуск	—	30—60
Бочки опорных составных валков листовых станов для горячей прокатки. Нормализация и отпуск	До 1600	60—85

\*<sup>1</sup> С повышенными требованиями по твердости.

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
700	125	160	45	83
800	100	135	47	91
900	105	135	51	—
1000	41	50	53	100
1100	21	30	75	100
1200	11	12	71	100

Примечание. Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм кованный и отожженный. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с.

### Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1180, конца 800. Сечения до 300 мм охлаждаются в яме.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,95$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,55$  в отожженном состоянии при  $HB\ 187-196$  и  $\sigma_b = 680$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

Флокеночувствительность – чувствительна.

### Прокаливаемость [84]

Твердость $HRC_2$ на расстоянии от торца, мм								
1,5	3	6	9	21	27	36	45	60
66	65,5	65	63,5	47	40,5	38,5	35,5	35

### Сталь 90ХФ

Заменитель – стали 9Х1, 9Х2.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5950–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лента ГОСТ 2283–79. Полоса ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 7831–78. Валки ОСТ 24.013.04–83, ОСТ 24.013.20–85, ОСТ 24.013.21–85.

Назначение – рамные, ленточные, круглые пилы, ножи для холодной резки металла, обрезающие матрицы и пуансоны холодной обрезки заусенцев, кернеры. Рабочие и опорные валки для холодной прокатки металла. Рабочие валки рельсобалочных, крупносортовых и проволочных обжимных и сортовых станков 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 станков для горячей прокатки металла.

Температура критических точек:  $A_{c1} = 700$  °С,  $M_n = 215$  °С.

### Химический состав, %

С	Mn	Si	V	Cr	S	P	Ni	Cu
					не более			
ГОСТ 5950–73								
0,80–0,90	0,30–0,60	0,15–0,35	0,15–0,30	0,40–0,70	0,030	0,030	0,35	0,30
ОСТ 24.013.20–85								
0,85–0,95	0,20–0,70	0,20–0,50	0,10–0,25	1,40–1,70	0,030	0,030	0,50	–

### Твердость стали после термообработки

Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость
ГОСТ 5950–73		
Пруток и полоса отожженные или высокоотпущенные	–	До $HB\ 241$
Закалка с 850–880 °С в масле и с 820–840 °С в воде	Образцы	Св. $HRC_2\ 61$
ОСТ 24.013.20–85		
Бочки рабочих валков (после индукционной термообработки):		
дрессировочных и чистовых клетей станков холодной прокатки, тип 1	До 400	$HSD\ 95-105$
клетей станков холодной прокатки, тип 2	До 400	$HSD\ 90-96$
клетей станков теплой прокатки, тип 3	До 400	$HSD\ 75-90$

Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость
<i>ОСТ 24.013.20-85</i>		
Бочки или бандажи опорных валков (после термообработки) с повышенными требованиями по твердости:		
тип 4	До 1600	HSD 70-85
тип 5	-	HSD 45-69
Шейки рабочих и опорных валков		
<i>ОСТ 24.013.21-85</i>		
Бочки валков рельсобалочного и сортового станов:		
нормализация + отпуск	До 950	HB 241-285
закалка + отпуск	До 500	HB 352-429
<i>ОСТ 24.013.04-83</i>		
Бочки валков листовых станов для горячей прокатки:		
<i>Валки рабочие</i>		
нормализация + отпуск	До 1000	HSD 35-55
закалка + отпуск		HSD 45-60
<i>Валки опорные</i>		
нормализация + отпуск	До 1600	HSD 35-60
закалка + отпуск		HSD 45-75
Шейки рабочих и опорных валков. Нормализация + отпуск		
	-	HSD 30-60
Бочки опорных и составных валков. Нормализация + отпуск		
	До 1600	HSD 60-85
<i>ГОСТ 2283-79</i>		
Лента холоднокатаная отожженная	0,1-4,0	-

### Механические свойства в зависимости от температуры испытаний [99]

$t_{исп}, ^\circ C$	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>0</sub>
20	670	990	19	55	45	31
580	325	390	31	81	81	-
600	265	320	32	73	72	-

Пр и м е ч а н и е. Нормализация при 870 °С; отпуск при 650 °С.

### Механические свойства в зависимости от сечения [99]

Место вырезки образца	Направление вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Бочка опорного валка диаметром 1500 мм</i>						
К	Пр	405-445	860-870	17-18	30-33	15
2/3R		340-350	810	13-14	19-21	10-14
1/3R		320-330	800-810	18	25-30	15-18
К	Т	470-490	920	14	12-20	10
2/3R		305-320	770-780	15-18	13-22	14-19
1/3K		370-380	860	9-14	10-19	10
<i>Шейка прибыльной стороны опорного валка диаметром 450 мм</i>						
К	Пр	500-510	980	14	23-24	9-15
1/3R		490-510	960	9-13	11	10-15
Ц		480-520	930-970	12	18-20	12-16
К	Т	500-540	970-980	7-9	7-10	12-14
1/3R		500	940-950	6-7	7-8	10-12
Ц		465-485	900-920	4-5	5	8-12
<i>Шейка донной стороны опорного валка</i>						
К	Пр	490	940	16	31	20
1/3R		485	950	16	24	14
К	Т	490	930	6	7	13
1/3R		455	880	5	5	3



Примечание. Режим термообработки: изотермический отжиг при 950–960 °С, выдержка 20 ч, охл. с печью до 350–400 °С, отпуск при 700 °С, выдержка 40 ч, охл. со скоростью 20 град/ч; нормализация при 850–870 °С, выдержка 10 ч, охл. на воздухе до 500 °С, далее с печью до 300–500 °С; отпуск при 580–620 °С, выдержка 40 ч, охл. с печью.

### Предел выносливости [99]

Термообработка	Образцы	$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
Нормализация при 870 °С; отпуск при 600 °С	Гладкие	304	10'

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1150, конца 800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–350 мм – в яме.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обрабатываемость резанием –  $K_{у\text{тв.спл}} = 0,9$  и  $K_{у\text{б.ст}} = 0,6$  в отожженном состоянии при  $HB\ 187-196$  и  $\sigma_b = 680$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

Флокеночувствительность – повышено-чувствительна.

### Прокаливаемость

Термообработка	Твердость $HRC_s$	Расстояние от охлаждаемого торца, мм	Критический диаметр, мм, после закалки	
			в воде	в масле
Закалка	60	21	15–20	5–8
	56	24		

### Сталь 9Х2МФ

Вид поставки – валки ОСТ 24.013.20–85, ОСТ 24.013.04–83.

Назначение – рабочие валки для станов холодной прокатки металлов при особо тяжелых условиях эксплуатации, рабочие валки проволочных обжимных и сортовых станов.

### Температура критических точек, °С [81, 63]

$A_{c1}$	$A_{cm}$	$Arc_m$	$A_{r1}$	$M_n$
748	784	685	640	175

### Химический состав, % (ОСТ 24.013.20–85)

С	М	Si	Cr	Mo	V	S	P	Ni
						не более		
0,85–0,95	0,20–0,70	0,25–0,50	1,70–2,10	0,20–0,30	0,10–0,20	0,030	0,030	0,50

## Механические свойства

Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость HSD
<i>ОСТ 24.013.20-85</i>		
Бочки рабочих валков (после индукционной термообработки):		
дрессировочных и чистовых клетей станов холодной прокатки, тип 1	До 650	95-105
клетей станов холодной прокатки, тип 2	До 900	90-96
станов теплой прокатки, тип 3	До 900	75-90
Шейки рабочих валков	-	30-55
<i>ОСТ 24.013.04-83</i>		
Бочки рабочих валков листовых станов для горячей прокатки:		
нормализация + отпуск	До 1000	35-55
закалка + отпуск		45-60
Шейки рабочих валков листовых станов для горячей прокатки:	-	
нормализация + отпуск		30-60
<i>ОСТ 24.013.21-85</i>		
Бочки валков рельсобалочного и сортового станов:	До 950	
нормализация + отпуск		HB 352-429
закалка с 950 °С, отпуск при [63]:	-	
150 °С		HRC <sub>3</sub> 60
250 °С		HRC <sub>3</sub> 59
350 °С		HRC <sub>3</sub> 58
400 °С		HRC <sub>3</sub> 55
500 °С		HRC <sub>3</sub> 50
600 °С		HRC <sub>3</sub> 45

## Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1180, конца 800. Заготовки сечением до 300 мм охлаждаются в яме.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.

Обработываемость резанием —  $K_{у\text{ тв. спл}} = 0,85$  и  $K_{у\text{ б.ст}} = 0,80$  в отожженном состоянии при  $HB\ 170-207$  и  $\sigma_B = 610$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

Флокеночувствительность — чувствительна.

## Прокаливаемость [84]

Твердость HRC <sub>3</sub> на расстоянии от торца, мм									
3	9	15	21	27	33	39	45	51	57
68	66	63	51,5	44	41,5	39,5	39,5	37,5	36,5

## Сталь 75XM

Заменитель — сталь 9X2.

Вид поставки — валки ОСТ 24.013.04-83, ОСТ 24.013.20-85.

Назначение — рабочие и опорные валки листовых станов для горячей прокатки черных металлов, опорные валки двух- и четырехвалковых клетей листовых станов для холодной прокатки металлов.

### Химический состав, % (ОСТ 24.013.20–85)

C	Mn	Si	Cr	Mo	S	P	Ni
0,70–0,80	0,20–0,70	0,20–0,60	1,40–1,70	0,20–0,30	не более		
					0,030	0,030	0,50

### Механические свойства

Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость HSD
ОСТ 24.013.20–85		
Бочки или бандажи опорных валков (после термообработки) с повышенными требованиями по твердости:	До 1600	
тип 4		70–85
тип 5		45–69
Шейки опорных валков	–	30–55
ОСТ 24.013.04–83		
Бочки рабочих валков листовых станов для горячей прокатки:	До 1000	
нормализация + отпуск		35–55
закалка + отпуск		45–60
Шейки рабочих (или опорных) валков листовых станов для горячей прокатки:	–	
нормализация + отпуск		30–60
Бочки опорных валков листовых станов для горячей прокатки:	До 1600	
нормализация + отпуск		35–60
закалка + отпуск		45–75

### Механические свойства в зависимости от сечения [134]

Сечение, мм	Место вырезки образца	Направление вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
500	К	Пр	420	750	22	46	57	207
	1/2R		430		19	41	24	199
	Ц		410		21	34	17	199
500	К	П	450	770	19	36	31	207
	1/2R		375		21	31	15	197
	Ц		365		9	9	22	211
700	К	Пр	650	1060	13	20	22	285
	1/3R		660		10	13	20	285
	Ц		–		590	–	–	4
700	К	П	425	840	16	21	24	229
	1/2R		440		6	6	24	229
	Ц		–		–	–	–	19

Примечание. Нормализация при 950 и 820 °С; отпуск при 500 °С, выдержка 4 ч, охл. на воздухе.

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–350 мм – в яме.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,90$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,60$  в нормализованном состоянии.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Флокеночувствительность – малочувствительна.

## Сталь 75ХСМФ

Заменитель — сталь 9Х1.

Вид поставки — валки ОСТ 24.013.20–85.

Назначение — рабочие валки листовых станов для холодной прокатки металлов.

### Температура критических точек, °С [32]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
775	815	745	717	300

### Химический состав, % (ОСТ 24.013.20–85)

C	Si	Cr	Mo	V	Mn	S	P	Ni
					не более			
0,72–0,80	0,80–1,20	1,20–1,50	0,20–0,30	0,10–0,20	0,30	0,030	0,030	0,50

### Механические свойства

Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость HSD
Бочки рабочих валков (после индукционной термообработки): дрессировочных и чистовых клетей станов холодной прокатки, тип 1	До 650	95–105
клетей станов холодной прокатки, тип 2		90–96
клетей станов теплой прокатки, тип 3		75–90
Шейки рабочих валков	–	30–55

### Механические свойства поковок в зависимости от сечения [32]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
<i>Изотермический отжиг при 850 °С, 15 ч;</i>						
<i>отпуск при 740 °С, 10 ч</i>						
235	420	750	24	45	57	–
250	–	730	26	56	71–73	207
<i>Отжиг при 780–800 °С, 6 ч. Закалка с 870–890 °С, охл. в масле; отпуск при 700–720 °С, 7 ч</i>						
400	–	–	–	–	–	240–275

### Технологические свойства [32]

Температураковки, °С: начала 1150, конца 850.

### Прокаливаемость

Твердость HRC <sub>2</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка с 900 °С)						
1,5	10	20	30	40	50	55
67,5	67	66	65	63,5	61	61

## Сталь 60ХСМФ

Вид поставки — валки ОСТ 24.013.20—85.

Назначение — рабочие валки двух- и четырехвалковых клетей листовых станов для холодной прокатки металлов.

### Химический состав, % (ОСТ 24.013.20—85)

С	Si	Mn	Cr	Mo	V	S	P	Ni
						не более		
0,55—0,65	1,05—1,30	0,40—0,70	1,40—1,80	0,40—0,60	0,15—0,25	0,030	0,030	0,50

### Твердость стали после термообработки

Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость HSD
Бочки рабочих валков (после индукционной термообработки):		
дрессировочных и чистовых клетей станов холодной прокатки, тип 1	До 650	95—105
клетей станов холодной прокатки, тип 2	До 900	90—96
клетей станов теплой прокатки, тип 3		75—90
Бочки или бандажи опорных валков (после термообработки) с повышенными требованиями по твердости:		
тип 4	До 1600	70—85
тип 5		45—69
Шейки рабочих и опорных валков	—	30—55

### Механические свойства заготовки после изотермического отжига [141]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
80	470	940	17	37	27

### Механические свойства заготовок сечением 80 мм в зависимости от температуры отпуска [141]

$t_{отп}$ , °C	$\sigma_b$ , МПа	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
180	1470	6
240	1270	11
315	1470	9
350	1860	13

Примечание. Закалка + отпуск.

### Технологические свойства [141]

Температураковки, °C: начала 1180, конца 800.

## Сталь 60Х2СМФ

Вид поставки — валки ОСТ 24.013.20—85.

Назначение — рабочие валки двух- и четырехвалковых клетей листовых станов для холодной прокатки металлов.

### Химический состав, % (ОСТ 24.013.20-85)

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	S	P	Ni
						не более		
0,57-0,65	1,05-1,30	0,20-0,70	1,80-2,10	0,25-0,35	0,10-0,25	0,030	0,030	0,50

### Твердость рабочих валков сечением 400-650 мм после термообработки (ОСТ 24.013.20-85)

Состояние поставки	Твердость HSD
Бочки рабочих валков:	
дрессировочных и чистовых клетей станов холодной прокатки, тип 1	95-105
клетей станов холодной прокатки, тип 2	90-96
клетей станов теплой прокатки, тип 3	75-90
Шейки рабочих валков	30-55

### Механические свойства заготовок сечением 80 мм после термообработки [141]

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Изотермический отжиг	460	910	19	42	35
Закалка + отпуск:					
180 °С	-	1670	-	-	7
240 °С	-	1620	-	-	14

### Сталь 55X

Вид поставки - валки ОСТ 24.013.20-85, ОСТ 24.013.21-85, ОСТ 24.013.04-83. Поковки ГОСТ 8479-70.

Назначение - оси составных опорных валков для холодной прокатки металлов. Рабочие валки блюмингов, слябингов, заготовочных, рельсобалочных, крупносортовых, среднесортных и мелкосортных станов и рабочие валки листовых станов для горячей прокатки металлов. Редукторные валы, шестерни и другие нагруженные детали, подвергающиеся истиранию, но работающие без значительных ударных нагрузок.

### Химический состав, % (ОСТ 24.013.20-85)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni
				не более		
0,50-0,60	0,17-0,37	0,35-0,65	1,0-1,3	0,040	0,040	0,50

### Механические свойства поволоков (ГОСТ 8479-70)

Состояние поставки	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
			не менее					
Поволка. Закалка + отпуск	До 100	490	490	655	16	45	59	212-248

## Твердость стали после термообработки

ОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость НВ
24.013.20-85	Оси составных опорных валков. Объемная термическая обработка	-	220-280
24.013.21-85	Бочки валков обжимных и сортовых станов для горячей прокатки:		
	нормализация + отпуск	До 1500	223-277
	закалка + отпуск	До 500	255-293
24.013.04-83	Бочки рабочих валков листовых станов для горячей прокатки:		
	нормализация + отпуск	До 1000	223-277
	закалка + отпуск	До 500	255-293

## Механические свойства поковок в зависимости от сечения [81, 142, 9]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
	не менее					
<i>Закалка с 820-840 °С в масле; отпуск при 560-630 °С, охл. с печью или на воздухе</i>						
100	640	840	12	40	-	255-322
101-300	540	780	10	35	-	240-302
301-500	490	730	8	30	-	240-300
<i>Нормализация при 840-860 °С, охл. на воздухе;</i>						
<i>отпуск при 580-630 °С, охл. на воздухе или с печью</i>						
301-500	340	640	8	30	-	210-240
<i>Температура ковки 1210 °С, выдержка 10 ч.</i>						
<i>Изотермический отжиг, нормализация, высокий отпуск</i>						
480	380	780	13	22	21	-
670	-	760	-	-	-	-
960	340	750	9	15	18	-

## Механические свойства при повышенных температурах [84]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
700	190	52	65
800	115	56	80
900	78	83	99
1000	54	89	100
1100	40	99	100
1220	27	-	100

Пр и м е ч а н и е. Температура перегрева 1220 °С, выдержка 15 мин. Скорость перемещения захватов испытательной машины 150 мм/мин.

## Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1220, конца 800. Сечения до 200 мм охлаждаются на воздухе, сечения 200-300 мм - в яме.

Свариваемость - трудносвариваемая. Способы сварки: РДС, необходимы подогрев и последующая термообработка. КТС, необходима последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием -  $K_{v, \text{тв.стл}} = 0,80$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,60$  в нормализованном состоянии при НВ 217-229 и  $\sigma_b = 720$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости - склонна.

Флокеночувствительность - чувствительна.

## Сталь 60ХН

Вид поставки — валки ОСТ 24.013.04–83, ОСТ 24.013.21–85.

Назначение — рабочие валки блюмингов, слябингов, заготовочных, рельсобалочных и крупносортовых станов, рабочие опорные валки листовых станов для горячей прокатки металлов.

### Температура критических точек, °С [59]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
730	775	570	480	207

### Химический состав, % (ОСТ 24.013.04–83)

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
0,55–0,65	0,17–0,37	0,50–0,80	0,60–0,90	1,00–1,50	не более	
					0,04	0,04

### Механические свойства

ОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость НВ
24.013.04–83	Бочки валков листовых станов для горячей прокатки:		
	<i>рабочих</i>		
	нормализация + отпуск	До 1200	229–285
	закалка + отпуск	До 500	255–302
24.013.21–85	<i>опорных</i>		
	нормализация + отпуск	До 1600	229–285
	Бочки валков обжимных и сортовых станов для горячей прокатки:		
	нормализация + отпуск	До 1500	229–285
	закалка + отпуск	До 500	255–302

### Механические свойства при повышенных температурах [84]

$t_{исп}, °C$	$\sigma_b, МПа$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
700	94	40	100
800	77	40	100
900	55	–	100
1000	38	40	100
1100	27	38	100
1200	23	39	100

П р и м е ч а н и е. Образец диаметром 10 мм, длиной 50 мм, деформированный. Скорость деформирования 5 мм/мин; скорость деформации 0,002 1/с.

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [59]

$t_{отп}, °C$	$\sigma_{0,2}, МПа$	$\sigma_b, МПа$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
460–500	1090–1210	1250–1350	12–14	33–36	28–40	363–388
520–580	940–1090	1250–1350	12–15	36–39	43–73	321–352
600–640	750–920	960–1050	17–22	41–51	70–107	288–311

П р и м е ч а н и е. Закалка с 840–860 °С; выдержка при отпуске 4 ч.



## Ударная вязкость KCU [55, 59]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °C			
	+20	-20	-40	-60
Закалка с 870 °C + отпуск при 650 °C, охл. в масле	125	112	92	-
Закалка + отпуск при 580 °C, выдержка 30 ч, охл. в воде	83	73	60	56

### Механические свойства в зависимости от сечения

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
<i>Режим № 1</i>							
200	К	680-700	1030-1050	12-16	23-30	-	269-285
	1/2R	690	1050	15	27	-	269
	Ц	660-690	1040	13-15	32-36	-	255-285
<i>Режим № 2</i>							
600	К	390-560	710-860	16-20	30-52	34-59	207-248
	1/2R	390-540	710-950	16-21	28-51	15-59	207-248
	Ц	450	840	15	23	16	241
<i>Режим № 3</i>							
500	К	470	890	11	17	15	241
	1/3R	465	810	9	23	-	241
	1/2R	460	920	6	10	15	255
	Ц	550	920	5	6	-	255
800	К	510	860	14	30	20	241
	1/3R	470	830	16	19	20	229
	1/2R	445	790	8	11	20	217
1000	Ц	420	780	10	15	20	207
	К	450	880	14	36	20	241
	1/3R	520	880	12	23	20	255
	1/2R	420	840	10	10	20	241
	Ц	400	760	9	12	15	217

**Примечание.** Режим № 1 — поковки, нормализация при 860 °C; отпуск при 600 °C [20]; режим № 2 — валки, нормализация при 840 °C; отпуск при 650 °C [20]; режим № 3 — режим, совмещающий предварительную противоблоковую и окончательную термообработку: загрузка при 600-650 °C, охл. с печью до 300-320 °C, выдержка 2 ч/100 мм, нагрев с печью до 950 °C, выдержка 0,5 ч, охл. до 840-860 °C, выдержка 0,5 ч/100 мм; охл. на воздухе до 400 °C, далее с печью до 200-250 °C, выдержка 2 ч/100 мм. Нагрев с печью до 710 °C, выдержка 0,5 ч, затем охл. до 590-610 °C, выдержка на первоначальной стадии 1,5 ч/100 мм, на конечной стадии 6 ч/100 мм, охл. со скоростью 30 град/ч до 400 °C, затем 15 град/ч до 150 °C (образцы тангенциальные).

Предел выносливости:  $\sigma_{-1} = 392$  МПа при  $\sigma_{0,2} = 520$  МПа и  $\sigma_b = 920$  МПа.

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °C: начала 1200, конца 800. Сечения до 250 мм охлаждаются на воздухе, сечения 251-350 мм — в яме.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.

Обработываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,80$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,72$  в нормализованном и отпущенном состоянии при НВ 197-229 и  $\sigma_b = 690-830$  МПа [101].

Склонность к отпускной хрупкости — склонна.

Флокеночувствительность — чувствительна.

### Прокаливаемость [57]

Термообработка	Твердость HRC <sub>c</sub>	Расстояние от охлаждаемого торца, мм
Закалка с 850 °C в воде	49	57

## Сталь 45ХНМ

Заменитель – сталь 40ХН2МА.

Вид поставки – поковка ГОСТ 8479–70. Валки ОСТ 24.013.04–83. Назначение – оси составных опорных валков листовых станов для горячей прокатки металлов, шестеренные валы и другие.

Температура критических точек:  $A_{c1} = 750$  °С,  $A_{c3} = 780$  °С.

### Химический состав, % (ОСТ 24.013.04–83)

С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P
						не более	
0,40–0,50	0,17–0,37	0,50–0,80	1,30–1,70	1,20–1,60	0,10–0,30	0,040	0,040

### Механические свойства поковок (ГОСТ 8479–70)

Термообработка	Сечение, мм	КП	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
			не менее					
Нормализация	100–300	440	440	635	14	40	54	197–235
Закалка + отпуск	300–500		440	635	13	35	49	197–235
Нормализация	500–800	440	440	635	11	30	39	197–235
	100–300	490	490	655	13	40	54	212–248
Закалка + отпуск	300–500	490	490	655	12	35	49	212–248
	500–800	540	540	685	10	30	39	223–262
	100–300	590	590	735	13	40	49	235–277
	300–500		590	735	12	35	44	235–277
	500–800		590	735	10	30	39	235–277
	300–500	685	685	835	11	33	39	262–311

### Механические свойства поковок в зависимости от сечения [20, 83]

Сечение, мм	Место вырезки образцов	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
		не менее					
<i>Нормализация при 860 °С, охл. на воздухе; отпуск при 600 °С, охл. с печью</i>							
200	К	900–970	1010–1100	6–14	12–47	31–39	302–321
	1/2R	950	1050	12	35	5–31	302
	Ц	920	1040	6	10	3–17	302–341
<i>Закалка с 840–870 °С в масле; отпуск при 580–650 °С, охл. с печью</i>							
801–1200	1/3R	490	640	12	28	29	187–241

### Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1200, конца 800.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,9$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,7$  в закаленном и отпущенном состоянии при НВ 97–269 и  $\sigma_b = 690$  МПа.

Флокочувствительность – сильночувствительна.

Склонность к отпусковой хрупкости – малосклонна.

### Прокаливаемость [20]

Твердость HRC <sub>2</sub> на расстоянии от торца, мм (закалка на воздухе с 900 °С)							
1	2	3	6	9	12	15	18
39,5	40	40	40,5	40,5	40,5	40	39,5

## Сталь 7Х2СМФ

Вид поставки – валки ОСТ 24.013.20–85.

Назначение – рабочие валки кованые для холодной прокатки металлов.

### Температура критических точек, °С [58]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
780	835	700	625	180

### Химический состав, % (ОСТ 24.013.20–85)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni	Mo	V
				не более				
0,70–0,80	0,70–1,00	0,60–1,00	1,70–2,20	0,030	0,030	0,50	0,35–0,60	0,15–0,30

### Механические свойства в сечении до 650 мм (ОСТ 24.013.20–85)

Состояние поставки	Твердость HSD
Бочки рабочих валков клетей станов холодной прокатки после индукционной термообработки:	
тип 1	95–105
тип 2	90–96
Бочки рабочих валков станов теплой прокатки после индукционной термообработки, тип 3	75–90
Шейки рабочих валков	35–55

### Технологические свойства [58]

Температура ковки, °С: начала 1200, конца 800.

### Прокаливаемость [58]

Термообработка	Твердость HRC <sub>3</sub>	Расстояние от охлаждаемого торца, мм
Закалка с 900 °С	63–64	100

## Сталь 60ХГ

Заменитель – сталь 55Х.

Вид поставки – валки ОСТ 24.013.21–85.

Назначение – рабочие валки штрипсовых и мелкосортных станов для горячей прокатки металлов.

### Температура критических точек, °С [55]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	M <sub>n</sub>
750	800	250

### Химический состав, % (ОСТ 24.013.21–85)

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
				не более		
0,55–0,65	0,17–0,37	0,80–1,00	1,00–1,30	0,40	0,040	0,040

## Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость <i>HВ</i>
ОСТ 24.013.21-85  [81]	Бочки валков рельсобалочного и сортового станков:		
	нормализация + отпуск	До 950	229-285
	закалка + отпуск	До 500	255-302
	Поверхностная закалка с нагревом ТВЧ, низкий отпуск, охлаждение:		
водой	—	<i>HRC</i> <sub>с</sub> 51-63* <sup>1</sup>	
эмульсией	—	<i>HRC</i> <sub>с</sub> 42-57* <sup>1</sup>	

\*<sup>1</sup> Поверхности.

## Механические свойства валков при различных режимах термообработки [58]

Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	<i>KCU</i> , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость <i>HВ</i>
<i>Режим № 1</i>						
К	440-550	800-910	15-20	36-41	27-44	229-255
1/2R	460-520	810-900	15-18	30-38	24-39	229-255
1/3R	510-550	860-910	15-17	32-36	27-29	241-255
Ц	430-540	810-920	12-18	28-36	24-34	229-255
<i>Режим № 2</i>						
К	390-580	710-940	14-20	28-52	18-59	207-255
1/2R	390-580	710-950	14-21	28-51	15-59	207-269
Ц	450	840	15	23	16	241

**П р и м е ч а н и е.** Режим № 1 — валки диаметром до 600 мм. Посадка в печь при 650 °С, выдержка 4 ч, нагрев со скоростью 100 град/ч до 820-860 °С, выдержка 4 ч, охл. на воздухе до 400 °С, затем с печью до 360 °С, выдержка 10 ч, нагрев со скоростью 100 град/ч до 630-660 °С, выдержка 50 ч, охл. со скоростью 40 град/ч до 400 °С, затем со скоростью 15 град/ч до 120 °С, выдержка 4 ч, охл. на воздухе; режим № 2 — валки диаметром св. 600 мм. Посадка в печь при 630-660 °С, выдержка 8 ч, охл. на воздухе до 330-360 °С, нагрев со скоростью 100 град/ч до 820-860 °С, выдержка 4 ч, охл. на воздухе до 330-360 °С, выдержка 6 ч, нагрев со скоростью 100 град/ч до 630-660 °С, выдержка 40-50 ч.

## Ударная вязкость *KCU* при отрицательных температурах [55]

Термообработка	<i>KCU</i> , Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-20	-40
Закалка с 870 °С в масле; отпуск при 650 °С, охл. в масле	88	38	38

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1220, конца 800. Сечения до 200 мм охлаждаются в яме; сечения 201-800 мм подвергаются отжигу с перекристаллизацией и одним переохлаждением.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{ТВ.СПЛ}} = 0,9$  и  $K_{v, \text{Б.СТ}} = 0,75$  в нормализованном и отпущенном состоянии при *HВ* 235-285 и  $\sigma_s = 670$  МПа.

Склонность к отпусковой хрупкости — склонна.

Флокеночувствительность — чувствительна.

## Прокаливаемость [69]

Количество мартенсита, %	Критическая твердость $HRC_c$	Критический диаметр, мм, после закали	
		в воде	в масле
50	52–54	60–102	34–68
95	61–64	23–66	6–40

## Сталь 90ХМФ

Вид поставки – валки ОСТ 24.013.04–83.

Назначение – опорные валки всех размеров и бандажи составных опорных валков листовых станов для горячей прокатки металлов.

### Химический состав, % (ОСТ 24.013.04–83)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni	Mo	V
				не более				
0,80–0,90	0,20–0,40	0,20–0,70	1,40–1,70	0,040	0,040	0,30	0,20–0,30	0,10–0,20

### Механические свойства в сечениях до 1600 мм (ОСТ 24.013.04–83)

Состояние поставки	Твердость $HSD$
<b>Бочки опорных валков листовых станов для горячей прокатки:</b>	
нормализация + отпуск	35–60
закалка + отпуск	45–75
<b>Шейки опорных валков листовых станов для горячей прокатки:</b>	
нормализация + отпуск	30–60
<b>Бочки опорных составных валков листовых станов для горячей прокатки:</b>	
нормализация + отпуск	60–85

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
800	125	160	35	92
900	92	110	51	98
1000	49	64	71	100
1100	26	37	82	100
1180	20	27	83	100

Примечание. Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм вырезан из поковки валка в тангенциальном направлении. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с.

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °C: начала 1180, конца 800.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обработываемость резанием –  $K_{v, тв.спл} = 0,85$  и  $K_{v, б.ст} = 0,80$  в отожженном состоянии при  $HV 170–207$  и  $\sigma_b = 610$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Флокеночувствительность – чувствительна.

## Сталь 75ХМФ

Заменитель — стали 75ХМ, 9ХФ.

Вид поставки — валки ОСТ 24.013.04–83, ОСТ 24.013.20–85, ОСТ 24.013.21–85.

Назначение — рабочие и опорные кованые валки листовых станов для горячей прокатки черных металлов.

Температура критической точки  $A_{c1}$  равна 760–790 °С.

### Химический состав, % (ОСТ 24.013.04–83)

С	Si	Mn	Cr	S	P	Ni	Mo	V
				не более				
0,70–0,80	0,20–0,60	0,20–0,70	1,40–1,70	0,040	0,040	0,30	0,10–0,30	0,05–0,25

### Механические свойства

ОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	Твердость HSD (HB)
20.013.04–83	Бочки опорных валков листовых станов для горячей прокатки:		
	нормализация + отпуск	До 1600	35–60
	закалка + отпуск	До 1600	45–75
24.013.20–85	Шейка опорных валков листовых станов для горячей прокатки:		
	нормализация + отпуск	–	30–60
	Бандажи опорных валков после термообработки с повышенными требованиями по твердости:		
	тип 4	До 1600	70–85
	тип 5	До 1600	45–69
24.013.21–85	Бочки валков рельсобалочного и сортового станов:		
	нормализация + отпуск	950	(241–285)
	закалка + отпуск	500	(352–429)

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1200, конца 800.

Свариваемость — трудносвариваемая.

Флокеночувствительность — малочувствительна.

### Прокаливаемость

Твердость $HRC_3$	Расстояние от охлаждаемого торца, мм
62–64	25–30
41,5	60

## СТАЛЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ БЫСТРОРЕЖУЩАЯ

### Сталь Р6М3

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19265–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 19265–73, ГОСТ 14955–77, Полоса ГОСТ 19265–73, ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 19265–73, ГОСТ 1133–71.

Назначение — чистовые и получистовые инструменты небольших размеров (в основном сверла и зенкеры, а также дисковые фрезы и другие инструменты, заготовкой которых служат лист и полоса) для обработки деталей из конструкционных сталей с пределом прочности до 90 МПа.

#### Критические точки, °С

$A_{c3}$	$A_{c_m}$	$A_{r2}$	$A_{r_m}$
800	860	720	780

#### Химический состав, % (ГОСТ 19265–73)

С	Cr	W	V	Mo	Mn	Si	Ni	S	P
				не более					
0,85–0,95	3,0–3,5	5,5–6,5	2,0–2,5	3,0–3,6	0,4	0,5	0,4	0,03	0,03

#### Механические свойства (ГОСТ 19265–73)

Термообработка	$HRC_a$ , после отпуска	$\sigma_{изг}$ , МПа	Красностойкость ( $HRC^{58}$ ), °С
Закалка с 1200–1230 °С, охл. на воздухе, в масле, в расплаве солей; отпуск при 540–560 °С, охл. в соляных ваннах	62–65	320–360	620

#### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала — 1140, конца — 850.

Для повышения твердости, износостойкости, коррозионной стойкости поверхностного слоя используют цианирование, азотирование, сульфидирование, обработку паром.

### Сталь Р6М5

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19265–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 19265–73, ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 19265–73, ГОСТ 14955–77. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 19265–73, ГОСТ 1133–71.

Назначение — режущие инструменты всех видов для обработки при обычной скорости резания деталей из углеродистых и среднелегированных конструкционных сталей с пределами прочности до 90–100 МПа, а также зуборезные инструменты для обработки нержавеющей сталей.

### Критические точки, °С

$A_{C_3}$	$A_{C_m}$	$A_{r_2}$	$A_{r_m}$
800	860	720	780

### Химический состав, % (ГОСТ 19265-73)

C	Cr	W	V	Mo	Mn	Si	Ni	S	P
					не более				
0,80-0,88	3,8-4,4	5,5-6,5	1,7-2,1	5,0-5,5	0,4	0,5	0,4	0,03	0,03

### Механические свойства (ГОСТ 19265-73)

Режим термообработки	$HRC_3$ после отпуска	$\sigma_{кр}$ , МПа	Красностойкость ( $HRC^{58}$ ), °С
Закалка с 1200-1230 °С, охл. на воздухе, в масле, в расплаве солей; отпуск при 540-560 °С, охл. в соляных ваннах	63-65	320-360	620

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала - 1160, конца - 850.

Для повышения твердости, износостойкости, коррозионной стойкости поверхностного слоя используют цианирование, азотирование, сульфидирование, обработку паром.

### Сталь P6M5K5

Вид поставки - сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19265-73, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88. Калиброванный пруток ГОСТ 19265-73, ГОСТ 7417-75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 19265-73, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 19265-73, ГОСТ 4405-75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 19265-73, ГОСТ 1133-71.

Назначение - для обработки высокопрочных нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного разогрева режущей кромки.

### Температура критических точек, °С [112]

$A_{C_1}$	$A_{C_m}$	$A_{r_m}$	$A_{r_1}$
840	875	805	765

### Химический состав, % (ГОСТ 19265-73)

C	Si	Mn	Cr	W	V	Co	Mo	N	S	P
	не более							не более		
0,84-0,92	0,50	0,50	3,80-4,30	5,70-6,70	1,70-2,10	4,70-5,20	4,80-5,30	0,40	0,030	0,030



## Твердость (ГОСТ 19265-73)

Состояние поставки	Твердость
Прутки и полоса отожженные	До НВ 269
Образцы. Закалка с 1230 °С в масле; отпуск (2- или 3- кратный) при 550 °С, 1 ч	Св. HRC <sub>3</sub> , 65

### Механические свойства стали в состоянии поставки (после отжига) при 20 °С (ГСССД 9-79)

$\sigma_{0,05}$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$\sigma_{сж\ 0,2'}$ , МПа	$\sigma_{сж}$ , МПа	$\epsilon$ , %	$\tau_K$ , МПа	$\nu$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
240(5)	510(20)	850(30)	12(1)	14 (1)	520(13)	2720(80)	54(1,5)	590(18)	60(1,4)	18(1)

### Механические свойства стали в состоянии поставки (после отжига) при повышенных температурах (ГСССД 9-79)

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$\sigma_{сж}$ , МПа	$\tau_K$ , МПа	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
200	500(50)	870(60)	10(2)	11(2)	1100(50)	570(30)	—	258(6)
400	470(50)	770(60)	12(2)	11(2)	950(50)	500(30)	—	240(6)
600	330(40)	620(50)	28(3)	48(5)	730(40)	340(20)	—	165(6)
800	130(20)	270(20)	55(4)	60(5)	130(20)	120(20)	—	38(4)
1000	110(20)	130(20)	57(4)	50(5)	100(20)	60 (10)	140 (15)	26(4)
1100	—	—	—	—	—	—	170 (15)	—
1200	40(10)	40(10)	87(2)	15(2)	70(10)	40 (10)	75 (10)	5(1)

### Механические свойства стали в состоянии поставки при 20 °С (ГСССД 9-79)

$\sigma_{0,05}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{сж\ 0,2'}$ , МПа	$\sigma_{сж}$ , МПа	$\tau_K$ , МПа	$\sigma_{изг.}$ , МПа	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
2340	2050	3100	3750	1820	3000	25

### Механические свойства стали в термообработанном состоянии при повышенных температурах (ГСССД 9-79)

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{изг.}$ , МПа	Твердость		$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{изг.}$ , МПа	Твердость	
		HV	HRC <sub>3</sub>			HV	HRC <sub>3</sub>
200	3820	833	64	550	2980	686	59
400	3980	769	62	600	2790	626	57
500	3040	726	61	650	2500	528	52

### Твердость стали в зависимости от температуры отпуска [112]

$t_{исп.}$ , °С	Твердость HRC <sub>3</sub>	$t_{исп.}$ , °С	Твердость HRC <sub>3</sub>
500	67	620	63
540	68	660	57
580	67		

Примечание. Закалка с 1220 °С в масле; отпуск трехкратный по 1 ч.

### Технологические свойства [112]

Температураковки, °С: начала 1160, конца 850.  
Охлаждение в колодцах при 750-780 °С.

## Красностойкость (ГОСТ 19265-73)

Температура, °С	Время, ч	Твердость $HRC_{0,2}$
630	4	59

Примечание. Шлифуемость – хорошая (ГОСТ 19265-73).

### Сталь P9

Заменитель – сталь P18.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19265-73, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88. Калиброванный пруток ГОСТ 19265-73, ГОСТ 7417-75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 19265-73, ГОСТ 14955-77. Лист толстый ТУ 14-1-1408-75. Лист тонкий ТУ 14-1-1408-75, ТУ 14-1-1706-76. Лента ГОСТ 2283-79. Полоса ГОСТ 19265-73, ГОСТ 4405-75. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 19265-73, ГОСТ 1133-71.

Назначение – для изготовления инструментов простой формы, не требующих большого объема шлифовки, для обработки обычных конструкционных материалов.

#### Температура критических точек, °С [112]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub> [82]
820	870	780	740	180

#### Химический состав, % (ГОСТ 19265-73)

C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	Ni	S	P	Co
	не более					не более				
0,85-0,95	0,50	0,50	3,80-4,40	8,50-9,50	2,30-2,70	1,0	0,40	0,03	0,03	0,50

#### Механические свойства стали в состоянии поставки при 20 °С (ГСССД 9-79)

$\sigma_{0,05}$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$\sigma_{сж, 0,2}$ , МПа	$\sigma_{сж}$ , МПа	$\epsilon$ , %	$\tau_K$ , МПа	$\nu$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
210(5)	490(20)	840(30)	10(1)	29(2)	620(13)	2500(75)	56(17)	560(17)	60(1,4)	26(1)

#### Механические свойства стали в термообработанном состоянии при 20 °С (ГСССД 9-79)

$\sigma_{0,05}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{сж, 0,2}$ , МПа	$\sigma_{сж}$ , МПа	$\tau_K$ , МПа	$\sigma_{изг}$ , МПа	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
2200 (70)	2210(110)	2870 (90)	3900 (120)	1960 (100)	3150(200)	20(2)

#### Механические свойства стали в термообработанном состоянии при повышенных температурах (ГСССД 9-79)

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{изг}$ , МПа	Твердость		$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{изг}$ , МПа	Твердость	
		HV	HRC <sub>0,2</sub>			HV	HRC <sub>0,2</sub>
200	3630(180)	769(10)	62	550	2800(140)	605(10)	56
400	3870(140)	712(10)	60	600	2260(120)	555(10)	53
500	3380(160)	673(10)	59	650	1520(100)	459(10)	48

**Механические свойства стали в состоянии поставки  
(после отжига) при повышенных температурах (ГСССД 9–79)**

$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$\sigma_{ск}$ , МПа	$\tau_k$ , МПа	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
200	450(50)	830(80)	13(2)	22(4)	1050(50)	520(30)	–	227(6)
400	420(40)	700(70)	15(2)	22(4)	850(50)	450(30)	–	210(6)
600	300(40)	480(50)	31(3)	55(6)	620(40)	300(20)	–	140(6)
800	110(20)	200(20)	60(5)	70(6)	100(20)	100(20)	–	30(4)
1000	90(20)	100(20)	42(4)	55(6)	50(10)	50(10)	220(20)	24(4)
1100	–	–	–	–	–	–	240(20)	–
1200	30(10)	30(10)	12(3)	25(5)	40(10)	40(10)	150(15)	4(1)

**Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [82]**

$t_{отп}$ , °C	$\sigma_b$ , МПа	KCU <sub>1,2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>	$t_{отп}$ , °C	$\sigma_b$ , МПа	KCU <sub>1,2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
200	1030	10	66	580	–	–	64
300	1080	52		600	1960	26	–
400	1270	49		620	–	–	61
500	1470	39		660	–	–	54
540	–	–					

Примечание. Закалка с 1230 °C в масле; отпуск трехкратный по 1 ч.

**Технологические свойства [82]**

Температураковки, °C: начала 1200, конца 900. Охлаждение в колодцах при 750–800 °C.

Свариваемость – при стыковой электросварке со сталью 45 и 40Х хорошая. Обрабатываемость резанием –  $K_{v, тв.спл} = 0,8$  и  $K_{v, б.ст} = 0,6$  при HB 205–255.

**Красностойкость (ГОСТ 19265–73) [82]**

Температура, °C	Время, ч	Твердость HRC <sub>3</sub>
580	4	63
620		59

Примечание. Шлифуемость – пониженная (ГОСТ 19265–73).

**Сталь P9M4K8**

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19265–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 19265–73, ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 19265–73, ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 19265–73, ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 19265–73, ГОСТ 1133–71.

Назначение – для обработки высокопрочных нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного разогрева режущей кромки: зуборезный инструмент, фрезы, фасонные резцы, зенкеры, метчики.

**Температура критических точек, °C [112]**

$A_{c1}$	$A_{c_m}$	$A_{r_{c_m}}$	$A_{r1}$
800	840	790	750

**Химический состав, % (ГОСТ 19265–73)**

C	Si	Mn	Cr	W	V	Co	Mo	Ni	S	P
	не более							не более		
1,0–1,1	0,50	0,50	3,0–3,6	8,5–9,5	2,3–2,7	7,5–8,5	3,8–4,3	0,40	0,030	0,030

**Механические свойства стали в состоянии поставки  
(после отжига) при 20° С (ГСССД 9–79)**

$\sigma_{0,05}$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$\sigma_{сж\ 0,2}$ , МПа	$\sigma_{сж}$ , МПа	$\epsilon$ , %	$\tau_k$ , МПа	$\nu$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
270(5)	540(20)	960(40)	7(1)	10(1)	580(15)	2840(100)	52(1,5)	600(18)	71(2,2)	8(1)

**Механические свойства стали в термообработанном состоянии  
при 20° С (ГСССД 9–79)**

$\sigma_{0,05}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{сж\ 0,2}$ , МПа	$\sigma_{сж}$ , МПа	$\tau_k$ , МПа	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
2450(70)	16660(90)	3160(100)	3300(100)	1460(80)	15(1,5)

**Механические свойства стали в состоянии поставки (после отжига)  
(ГСССД 9–79)**

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$\sigma_{сж}$ , МПа	$\tau_k$ , МПа	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
200	500(50)	870(60)	10(2)	11(2)	1100(50)	570(30)	–	258(6)
400	470(50)	770(60)	12(2)	11(2)	950(50)	500(30)	–	240(6)
600	330(40)	620(50)	28(3)	48(5)	730(40)	340(20)	–	165(6)
800	130(20)	270(20)	55(4)	60(6)	130(20)	120(20)	–	38(4)
1000	110(20)	130(20)	57(4)	50(5)	100(20)	60(10)	100(10)	26(4)
1100	–	–	–	–	–	–	140(15)	–
1200	40(10)	40(10)	8(2)	15(2)	70(10)	40(10)	35(5)	5(1)

**Механические свойства стали в термообработанном состоянии  
при повышенных температурах (ГСССД 9–79)**

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{изг.}$ , МПа	Твердость		$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{изг.}$ , МПа	Твердость	
		HV	HRC <sub>3</sub>			HV	HRC <sub>3</sub>
200	3730(180)	868(10)	65(1)	550	2500 (140)	740(10)	61(1)
400	3960(160)	833(10)	64(1)	600	2400 (140)	698(10)	59(1)
500	2600(150)	769(10)	62(1)	650	2320(110)	565(10)	54(1)

**Твердость и ударная вязкость стали в зависимости от температуры отпуска [112]**

$t_{отп.}$ , °С	Твердость HRC <sub>3</sub>	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	$t_{отп.}$ , °С	Твердость HRC <sub>3</sub>	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
Закалка с 1220 °С в масле; отпуск трехкратный по 1 ч			Закалка с 1220 °С в масле		
500	68	–	520	–	18
540	69	–	540	–	19
580	67	–	560	–	21
620	63	–	580	–	20
660	56	–			

**Технологические свойства [27]**

Температураковки, °С: начала 1180, конца 880. Охлаждение в колодцах при 750–800 °С.

## Красностойкость (ГОСТ 19265-73)

Температура, °С	Время, ч	Твердость $HRC_s$
630	4	59

Примечание. Шлифуемость — пониженная (ГОСТ 19265-73).

### Сталь P12

Заменитель — сталь P18.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19265-73, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88. Калиброванный пруток ГОСТ 19265-73, ГОСТ 7417-75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 19265-73, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 19265-73, ГОСТ 4405-75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 19265-73, ГОСТ 1133-71.

Назначение — различные режущие инструменты (фрезы, протяжки, долбики, шеверы, метчики, развертки) для обработки деталей из конструкционных сталей.

#### Критические точки, °С

$A_{C_3}$	$A_{C_m}$	$A_{r_1}$	$A_{r_m}$
820	850	720	770

#### Химический состав, % (ГОСТ 19265-73)

C	Cr	W	V	Mo	Mn	Si	Ni	S	P
				не более					
0,8-0,9	3,1-3,6	12,0-13,0	1,5-1,9	1,0	0,4	0,5	0,4	0,03	0,03

#### Механические свойства (ГОСТ 19265-73)

Термообработка	Твердость $HRC_s$ после отпуска	$\sigma_{изг}$ , МПа	Красностойкость ( $HRC^{58}$ ), °С
Закалка с 1270-1290 °С на воздухе, в масле, в расплаве солей; отпуск при 550-570 °С, охл. в соляных ваннах	62-65	260-350	620

#### Технологические свойства

Температура ковки, °С: начала — 1160, конца — 850.

Для повышения твердости, износостойкости, коррозионной стойкости поверхностного слоя используют цианирование, азотирование, сульфидирование, обработку паром.

## Сталь P18

Заменитель – сталь P12

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19265–73, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 19265–73, ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 19265–73, ГОСТ 14955–77. Лист толстый ТУ 14-1-1408–75. Лист тонкий ТУ 14-1-1706–76, ТУ 14-1-1408–75. Полоса ГОСТ 19265–73, ГОСТ 4405–75. Проволока ТУ 14-1-1096–74. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 19265–73, ГОСТ 1133–71.

Назначение – резцы, сверла, фрезы, резьбовые фрезы, долбяки, развертки, венкеры, метчики, протяжки для обработки конструкционных сталей с прочностью до 1000 МПа, от которых требуется сохранение режущих свойств при нагревании во время работы до 600 °С.

### Температура критических точек, °С [112]

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
820	860	770	725

### Химический состав, % (ГОСТ 19265–73)

C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	Ni	S	P	Co
	не более					не более				
0,73–0,83	0,50	0,50	3,80–4,40	17,0–18,5	1,00–1,40	1,00	0,40	0,03	0,03	0,50

### Механические свойства стали в состоянии поставки (после отжига) при 20 °С (ГСССД 9–79)

$\sigma_{0,05}$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$\sigma_{сж\ 0,2}$ , МПа	$\sigma_{сж}$ , МПа	$\epsilon$ , %	$\tau_k$ , МПа	$\nu$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
210(5)	510(20)	840(30)	8(1)	10(1)	520(13)	2600(80)	50(1,5)	560(17)	50(0,7)	19(1)

### Механические свойства стали в термообработанном состоянии (ГСССД 9–79)

$\sigma_{0,05}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{сж\ 0,2}$ , МПа	$\sigma_{сж}$ , МПа	$\tau_k$ , МПа	$\sigma_{изг}$ , МПа	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
2480(70)	2150(110)	3060(90)	3820(120)	1880(100)	3000(200)	30(3)

### Механические свойства стали в состоянии поставки (после отжига) при повышенных температурах (ГСССД 9–79)

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$\sigma_{сж}$ , МПа	$\tau_k$ , МПа	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
200	450(50)	830(80)	13(2)	22(4)	1050(50)	520(30)	–	227(6)
400	420(40)	700(70)	15(2)	22(4)	850(50)	450(30)	–	210(6)
600	300(40)	480(50)	31(3)	55(6)	620(20)	300(20)	–	140(6)
800	110(20)	200(20)	60(5)	70(6)	100(20)	100(20)	–	30(4)
1000	90(20)	100(20)	42(4)	55(6)	50(10)	50(10)	100(10)	24(4)
1100	–	–	–	–	–	–	130(15)	–
1200	30(10)	30(10)	12(3)	25(5)	40(10)	40(10)	45(5)	4(1)

## Механические свойства стали в термообработанном состоянии при повышенных температурах (ГСССД 9-79)

$t_{исп.}$ , °C	$\sigma_{изг.}$ , МПа	Твердость		$t_{исп.}$ , °C	$\sigma_{изг.}$ , МПа	Твердость	
		HV	HRC <sub>3</sub>			HV	HRC <sub>3</sub>
200	3570(180)	815(10)	64	550	3060(150)	661(10)	58
400	3730(180)	755(10)	62	600	2430(120)	615(10)	56
500	3290(160)	712(10)	60	650	2180(110)	504(10)	51

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [29]

$t_{отп.}$ , °C	$\sigma_b$ , МПа	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>	$t_{отп.}$ , °C	$\sigma_b$ , МПа	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
400	1370	23	61	550	2350	17	66
500	1470	19	63	600	2210	—	65

Примечание. Закалка с 1280 °C в масле; отпуск трехкратный по 1 ч.

## Технологические свойства [82]

Температураковки, °C: начала 1200, конца 900. Охлаждение в колодцах при 750-800 °C.

Свариваемость — хорошая при стыковой электросварке со сталями 45 и 40X.

Обрабатываемость —  $K_{v, тв.спл} = 0,6$  и  $K_{v, б.ст} = 0,3$  резанием при HB 212-228.

## Красностойкость (ГОСТ 19265-73)

Температура, °C	Время, ч	Твердость HRC <sub>3</sub>
620	4	59

Примечание. Шлифуемость — повышенная (ГОСТ 19265-73).

## Сталь P18Ф2

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 19265-73, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88. Калиброванный пруток ГОСТ 19265-73, ГОСТ 7417-75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 19265-73, ГОСТ 14965-77. Полоса ГОСТ 19265-73, ГОСТ 4405-75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 19265-73, ГОСТ 1133-71.

Назначение — чистовые и получистовые режущие инструменты (резцы, фрезы, машинные развертки, сверла и т.д.) для обработки деталей из среднелегированных конструкционных сталей, а также некоторых марок нержавеющей сталей и жаропрочных сплавов.

## Критические точки, °C

A <sub>c3</sub>	A <sub>c<sub>m</sub></sub>	A <sub>r1</sub>	A <sub>r<sub>m</sub></sub>
800	850	725	770

## Химический состав, % (ГОСТ 19265-73)

C	Cr	W	V	Mo	Mn	Si	Ni	S	P
				не более					
0,85-0,95	3,8-4,4	17,0-18,0	1,8-2,4	1,0	0,4	0,5	0,4	0,03	0,03

### Механические свойства (ГОСТ 19265-73)

Термообработка	Твердость $HRC_{0.05}$ после отпуска	$\sigma_{\text{изг}}$ , МПа	Красностойкость ( $HRC^{58}$ ), °С
Закалка с 1260–1290 °С, охл. на воздухе, в масле, в расплаве солей; отпуск при 560–580 °С, охл. в соляных ваннах	63–66	240–280	630

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала — 1180, конца — 850.

Для повышения твердости, износостойкости, коррозионной стойкости поверхностного слоя используют цианирование, азотирование, сульфидирование, обработку паром.



### Раздел 3. СТАЛИ И СПЛАВЫ КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ, ЖАРСТОЙКИЕ, ЖАРОПРОЧНЫЕ, ИЗНОСОСТОЙКИЕ

#### Общие сведения

Коррозионностойкие (нержавеющие) стали применяют для изготовления деталей машин и конструктивных элементов (в основном сварных), работающих в различных агрессивных средах (влажная атмосфера, морская вода, кислоты, растворы солей, щелочей, расплавы металлов). Легирование коррозионностойких сталей преследует достижение высокой коррозионной стойкости в рабочей среде и обеспечение заданного комплекса физико-механических характеристик. Высокая коррозионная стойкость обеспечивается переходом стали в пассивное состояние. Легко пассивирующимися металлами являются алюминий, хром, никель, титан и др. Хром один из основных легирующих элементов коррозионностойких сталей и обычно находится в пределах от 11 до 30 %. Никель в сплавах с железом повышает коррозионную стойкость, стабилизирует аустенитную структуру и позволяет создать аустенитные хромоникелевые стали с высокой коррозионной стойкостью в сильных агрессивных кислотах (соляной, серной).

Наиболее распространенные коррозионностойкие стали аустенитного, аустенитно-ферритного и аустенитно-мартенситного классов имеют в своей основе различные комбинации систем Fe-Cr-Ni, Fe-Cr-Ni-Mn с дополнительным легированием различными элементами. Для борьбы с явлением межкристаллитной коррозии в аустенитных сталях следует снижать содержание углерода для исключения образования хромистых карбидов и вводить в сталь стабилизирующие добавки (титан, ниобий), которые связывают углерод в специальные карбиды TiC, NbC и исключают обеднение приграничных участков по хрому.

К жаростойким (окалиностойким) относятся стали и сплавы, обладающие стойкостью против коррозионного разрушения поверхности в газовых средах при температурах выше 550 °С, работающие в нагруженном или слабонагруженном состоянии.

*Жаростойкость* (окалиностойкость) характеризует сопротивление окислению при высоких температурах. Для повышения окалиностойкости сталь легируют элементами, которые изменяют состав и строение окалины. В результате введения в сталь необходимых количеств хрома, алюминия или кремния, обладающих большим сродством к кислороду, чем железо, в процессе окисления на поверхности образуются плотные оксиды на основе хрома, алюминия или кремния. Образовавшаяся тонкая пленка из этих оксидов затрудняет процесс дальнейшего окисления. Чтобы обеспечить окалиностойкость до температуры 1100 °С в стали должно быть не менее 28 % Cr (сталь 15X28). Наилучшие результаты получаются при одновременном легировании стали хромом, кремнием и алюминием.

Жаростойкие стали и сплавы разделены на следующие группы: хромистые и хромалюминиевые стали ферритного класса (15X25Т, 15X28), хромокремнистые стали мартенситного класса (40X10С2М), хромоникелевые стали аустенитно-ферритного класса (20X23Н13), хромоникелевые аустенитные стали (10X23Н18, 20X25Н20С2) и сплавы на хромоникелевой основе (ХН35ВТ, ХН70Ю, ХН78Т и т.д.).

Жаропрочные стали и сплавы — это материалы, которые работают при высоких температурах в течение определенного времени в условиях сложнапряженного состояния. Главной характеристикой, определяющей работоспособность стали и сплава, является жаропрочность.

*Жаропрочность* — это способность сталей или сплавов работать под напряжением в условиях повышенных температур без заметной остаточной деформации и разрушения. Основными характеристиками жаропрочности являются ползучесть и длительная прочность.

Явление непрерывной деформации под действием постоянного напряжения называется *ползучестью*. Характеристикой ползучести является предел ползучести, характеризующий условное растягивающее напряжение, при котором скорость или деформация ползучести за определенное время достигают заданной величины. Если допуск дается по скорости ползучести, то предел ползучести обозначается  $\sigma$  с двумя индексами — нижний соответствует заданной скорости ползучести в %/ч, а верхний — температуре испытания. Если задается относительное удлинение, то в обозначение предела ползучести вводят три индекса: один верхний соответствует температуре испытания, два нижних — деформации и времени. Для деталей, работающих длительный срок (годы), предел ползучести должен характеризоваться малой деформацией, возникающей при значительной длительности приложения нагрузки. Для турбин паровых котлов, лопаток паровых турбин, работающих под давлением, допускается суммарная деформация не более 1 % за 100000 ч, в отдельных случаях допускается 5 %. У лопаток газовых турбин деформация может быть 1–2 % на 100–500 ч.

Сопротивление материала разрушению при длительном воздействии температуры оценивается длительной прочностью.

*Длительная прочность* — условное напряжение, под действием которого материал при данной температуре разрушается через заданный промежуток времени.

Жаропрочные свойства в первую очередь определяются температурой плавления основного компонента сплава, затем его легированием и, наконец, режимами предшествующей термообработки, определяющими структурное состояние сплавов. Основой жаропрочных сталей и сплавов являются твердые растворы или пересыщенные растворы, способные к дополнительному упрочнению вследствие дисперсионного твердения.

Для кратковременной службы применяются сплавы с высокодисперсным распределением второй фазы, а для длительной службы — структурно-стабильные сплавы. Для длительной службы следует выбирать сплав, не склонный к дисперсионному твердению.

К высоколегированным жаропрочным сплавам относятся сплавы, со-

держание железа в которых более 45 %, суммарное содержание легирующих элементов не менее 10 %, при этом содержание одного из легирующих элементов должно быть не менее 8 %.

Самым распространенным легирующим элементом в жаропрочных сталях и сплавах является хром, который благоприятно влияет на жаростойкость и жаропрочность.

Высоколегированные жаропрочные стали из-за различных систем легирования относятся к различным классам: *ферритные*, *мартенситные* (20X13, 30X13), *мартенситно-ферритные* (15X12BH14Ф), *аустенитные* (37X12H8Г8МФБ). Внутри класса следует различать стали с различным типом упрочнения: карбидным, интерметаллидным и смешанным (карбидно-интерметаллидным).

Для котельных установок, работающих длительное время (10000–100000 ч) при температурах 500–580 °С, рекомендуются стали перлитного класса, введение молибдена в которые повышает температуру рекристаллизации феррита и тем самым повышает его жаропрочность.

Однако большую часть жаропрочных сталей, работающих при повышенных температурах, составляют аустенитные стали на хромоникелевой и хромомарганцевой основах с различным дополнительным легированием. Эти стали подразделены на три подгруппы: *гомогенные (однофазные) аустенитные стали*, жаропрочность которых обеспечивается в основном легированностью твердого раствора; *стали с карбидным упрочнением*; *стали с интерметаллидным упрочнением*.

Жаропрочные сплавы разделены по металлу основы: сплавы на основе никеля и кобальта. Эти сплавы чаще всего подразделяют и по способу производства на *деформируемые* и *литые*. Для жаропрочных сплавов на основе железа и никеля наиболее перспективны в качестве упрочнителей твердого раствора такие элементы, как молибден, ниобий, вольфрам. Положительное влияние алюминия, ниобия и титана связано с образованием упрочняющих интерметаллидных фаз.

Как и аустенитные стали, сплавы на основе никеля могут быть разделены на *гомогенные* (нихромы, инконели) и *стареющие* (нимоники). Необходимые свойства достигаются путем комплексного легирования, в результате которого образуются многофазные сплавы.

К первой группе относятся элементы, упрочняющие твердый раствор на основе никеля (хром, кобальт, молибден, вольфрам, ванадий).

Ко второй группе элементов относятся алюминий, титан, ниобий, тантал, образующие с никелем упрочняющие интерметаллидные фазы.

К третьей группе относят углерод, бор, цирконий, лантан, церий, которые способствуют упрочнению границ зерен за счет сегрегаций, рафинирования металла от вредных примесей и т.д.

Вследствие высокой жаропрочности сплавы на никелевой основе нашли широкое применение для наиболее ответственных деталей паровых и газовых турбин.

## Сталь 40Х9С2

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение – клапаны впуска и выпуска автомобильных, тракторных и дизельных двигателей, трубки рекуператоров, теплообменники, колосники, крепежные детали.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
900	970	970	810

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ti	Cu	Ni
				не более				
0,35–0,45	2,0–3,0	≤0,8	8,0–10,0	0,025	0,030	0,2	0,30	0,60

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сече- ние, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
			не менее				
ГОСТ 5949–75	Пруток. Отжиг при 850–870 °С, охл. на воздухе или без термообработки	60	440	740	15	35	–
ОСТ 24.4.135–77	Закалка с 900–1100 °С в масле; отпуск при 500–540 °С, охл. на воздухе	–	690	880	25	59	70

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

t <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %
<i>Отжиг при 850–870 °С</i>				
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
<i>Образец диаметром 10 мм и длиной 50 мм, прокатанный и отожженный.</i>				
<i>Скорость деформирования 1,1 мм/мин; скорость деформации 0,0004 1/с</i>				
700	–	135	54	95
800	–	51	70	98
900	–	59	34	59
1000	–	45	29	45
1100	–	23	33	42
1200	–	16	71	74

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура испытания, °С
98	1/1000000	500
25	1/1000000	600

## Технологические свойства [81, 104]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850. Сечения до 300 мм охлаждаются в печах.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

## Сталь 40X10C2M

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 18907–73. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–69, ГОСТ 18907–73. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение – клапаны авиадвигателей, автомобильных и тракторных дизельных двигателей, крепежные детали двигателей. Сталь жаростойкая и жаропрочная мартенситного класса обладает высокими механическими свойствами до 600 °С, однако при длительных выдержках при 500 °С и особенно при 600 °С ударная вязкость резко снижается до 150 кДж/м<sup>2</sup>.

## Температура критических точек, °С [81]

A <sub>c1</sub>	A <sub>c3</sub>	A <sub>r3</sub>	A <sub>r1</sub>
810	950	845	700

## Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Mo	S	P	Ti	Cu	Ni
					не более				
0,35–0,45	1,9–2,6	≤0,8	9,0–10,5	0,7–0,9	0,025	0,030	0,2	0,30	0,60

## Механические свойства прутков сечением 60 мм по ГОСТ 5949–75

Состояние поставки	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU <sub>2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Прутки. Закалка с 1010–1050 °С на воздухе или в масле; отпуск при 720–780 °С, охл. в масле	735	930	10	35	20

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [82]

$t_{отп}$ , °C	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
200	1780	3	8	39	555
300	—	12	20	—	540
400	—	—	—	—	570
500	—	—	—	—	545
600	1400	22	68	—	400
700	850	50	—	58	250

Примечание. Закалка с 950–1050 °C.

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t$ , °C	Предел длительной прочности, МПа	Длительность, ч	$t$ , °C
196	1/10000	500	216	10000	500
127	1/100000	—	157	100000	—
49	1/10000	600	127	10000	550
20	1/100000	—	88	100000	—

## Механические свойства при повышенных температурах [77]

$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 1100 °C в масле; отпуск при 800 °C, охл. в воде</i>					
20	670	940	19	41	29
100	570	840	14	26	—
200	510	820	18	39	69
300	520	830	15	36	81
400	480	760	13	24	85
500	455	660	21	41	87
600	370	430	30	71	113
700	200	220	41	92	—
<i>Закалка с 1010–1050 °C в масле; отпуск при 750 °C, охл. в масле (кратковременные испытания)</i>					
20	—	930	10	35	—
600	—	390	18	85	—
700	—	160	27	96	—
800	—	59	30	98	—
900	—	34	48	98	—

## Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки [77]

Термообработка	Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	$t$ , °C	$\tau$ , ч					
Закалка с 1100 °C в масле + отпуск при 800 °C, 3 ч, охл. в воде	500	1000	670	930	16	33	17
		3000	660	900	17	42	29
		5000	670	910	14	25	16

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °C: начала 1200, конца 850. Сечения до 350 мм охлаждаются в ямах.

Свариваемость — трудносвариваемая. Способ сварки РДС, необходимы подогрев и последующая термообработка.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Сталь 08Х13

Заменитель – стали 12Х13, 12Х18Н9Т.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 18968–73, ГОСТ 19442–74. Калиброванный пруток ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 18907–73. Лист толстый ГОСТ 7350–77. Лист тонкий ГОСТ 5582–75. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76, ГОСТ 18968–73. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 18968–73, ГОСТ 25054–81. Трубы ГОСТ 9941–81, ГОСТ 9940–81.

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), лопатки паровых турбин, клапаны, болты и трубы. Сталь коррозионно-стойкая и жаростойкая ферритного класса.

### Температура критических точек, °С [49]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
730	850	820	700

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

С	Mn	Si	Cr	S	P	Ti	Cu	Ni
не более				не более				
0,08	0,8	0,8	12,0–14,0	0,025	0,030	0,2	0,30	0,6

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU <sub>1</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
ГОСТ 5949–75	Пруток. Закалка с 1000–1050 °С в масле; отпуск при 700–800 °С, охл. в масле	60	410	590	20	60	98	–
ГОСТ 7350–77	Лист горячекатаный или холоднокатаный. Закалка с 960–1020 °С в воде или на воздухе; отпуск при 680–780 °С, охл. на воздухе или с печью (образцы поперечные)	Св. 4	294	422	23	–	–	–
ГОСТ 25054–81	Поковка. Закалка с 1000–1050 °С в масле; отпуск при 700–780 °С, охл. в масле	До 1000	392	539	14	35	49	187–229

### Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки [180]

Термообработка	Тепловая выдержка		σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU <sub>1</sub> , Дж/см <sup>2</sup>
	t, °С	τ, ч					
Лист. Закалка с 1000–1020 °С; отпуск при 680–700 °С, 12 ч	Без тепловой выдержки		314–353	500–510	29–31	73–75	2352–2842
	450	5000	310	490	35	74	227

## Ударная вязкость КСУ листа сечением 20 мм [82]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	-20	-40	-60
Закалка с 1000–1020 °С в воде; отпуск при 680–700 °С, охл. 12 ч на воздухе	6–11	4–7	1–5

## Механические свойства при повышенных температурах [82]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Лист сечением 20 мм. Закалка с 1000–1020 °С в воде; отпуск при 680–700 °С, выдержка 12 ч, охл. на воздухе.</i>					
<i>При 20 °С НВ 148–156</i>					
20	275–350	460–510	25–37	73–80	235–323
100	275–295	430	28–29	77–79	353
200	245–275	400–420	27–29	75–78	333–372
300	235–275	380–400	22–27	73–77	333–363
400	215–255	340–470	23–26	71–79	343–363
450	195–245	310–320	23–30	72–77	323–343
500	185–225	215–285	26–37	73–84	294–323
600	145–165	165–180	34–45	87–89	245–265
<i>Прутки сечением 20 мм. Отжиг</i>					
20	285	480	36	84	295
400	210	350	30	82	–
500	160	290	40	85	–
600	105	170	51	92	–

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [49]

Предел длительной прочности, МПа	Длительность испытания, ч	Температура испытания, °С
121	10000	500
62		550
31		600
45	100000	550

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1220, конца 850. Сечения до 300 мм охлаждаются в штабелях на воздухе.

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РСД, АДС под флюсом, АрДС и КТС. Подогрев и термообработка применяются в зависимости от метода сварки, вида и назначения конструкции.

Обрабатываемость резанием –  $K_{у, б.ст} = 0,7$  и  $K_{у, тв.спл} = 1,4$  в закаленном и отпущенном состоянии при НВ 149–159 и  $\sigma_B = 590$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна при температурах 400–500 °С [51].

## Сталь 12Х13

Заменитель – сталь 20Х13.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 19442–74, ГОСТ 18969–73.



Калиброванный пруток ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 18907–73. Лист толстый ГОСТ 7350–77. Лист тонкий ГОСТ 5582–75. Лента ГОСТ 4986–79. Проволока ГОСТ 18143–72. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76, ГОСТ 18968–73. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 18968–73, ГОСТ 25054–81. Трубы ГОСТ 9940–81, ГОСТ 14162–79, ГОСТ 9941–81.

Назначение – детали с повышенной пластичностью, подвергающиеся ударным нагрузкам; изделия, подвергающиеся действию слабоагрессивных сред при комнатной температуре, а также детали, работающие при 450–500 °С. Сталь коррозионноустойчивая, жаростойкая и жаропрочная мартенситно-ферритного класса.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
730	850	820	700	370

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ti	Cu	Ni
	не более			не более				
0,09–0,15	0,8	0,8	12,0–14,0	0,025	0,030	0,2	0,30	0,6

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
			не менее					
ГОСТ 5949–75	Пруток. Закалка с 1000–1050 °С на воздухе или в масле; отпуск при 700–790 °С, охл. на воздухе, в масле, в воде	60	410	590	20	60	88	–
ГОСТ 18907–73	Пруток шлифованный, обработанный на заданную прочность	1–30	–	490–780	16	–	–	–
ГОСТ 7350–77	Лист горячекатаный или холоднокатаный. Закалка с 960–1020 °С в воде или на воздухе; отпуск при 680–780 °С, охл. на воздухе или с печью (образцы поперечные)	Св. 4	340	490	21	–	–	–
ГОСТ 5582–75	Отжиг или отпуск при 740–780 °С (образцы поперечные)	До 3,9	–	440	21	–	–	–
ГОСТ 25054–81	Покровка. Закалка с 1000–1050 °С в масле; отпуск при 700–790 °С, охл. на воздухе	До 1000	392	539	14	35	49	187–229

### Твердость стали после цементации [26]

Термообработка	Твердость поверхности HRC <sub>c</sub>
Цементация при 950 °С, 12 ч в твердом карбюризаторе (85 % березового угля, 10 % соды, 50 % углекислого бария); закалка с 1000 °С в масле; отпуск при 200–250 °С	61

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [86]

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	Твердость <i>HВ</i>
250	930	1270	15	60	360–380
540	780	980	20	65	260–350
600	620	780	22	65	210–250

Примечание. Закалка с 960 °С на воздухе.

## Механические свойства при повышенных температурах [180]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	<i>KCU, Дж/см<sup>2</sup></i>
<i>Пруток. Закалка с 1030–1050 °С в масле; отпуск при 680–700 °С</i>					
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
<i>Образец прокатанный диаметром 10 мм и длиной 50 мм.</i>					
<i>Скорость деформирования 20 мм/мин; скорость деформации 0,007 1/с</i>					
800	69	82	48	95	–
900	63	78	60	81	–
1000	38	53	68	90	–
1100	24	33	72	96	–
1200	14	20	62	95	–

## Механические свойства прутков при 20 °С в зависимости от тепловой выдержки [180]

Термообработка	Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	<i>KCU, Дж/см<sup>2</sup></i>
	$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$					
Закалка с 1000–1050 °С в масле; отпуск при 750 °С	450	5000	430	630	24	71	181
	500	5000	420	610	24	71	78–206
		10000	390	610	22	63	83
		20000	370	610	20	52	–

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [180]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа	$\tau, \text{ч}$
450	103	1/100 000	450	441	10000
500	93	1/100000	450	216	100000
500	56	1/100 000	500	142	10000
400	121	1/100 000	500	118	100000

## Ударная вязкость *KCU* прутков [180]

Термообработка	<i>KCU, Дж/см<sup>2</sup></i> , при температуре, °С		
	+20	–20	–40
Закалка с 990–1050 °С в масле; отпуск при 740–750 °С	108–216	138	98–127

## Предел выносливости [180]

$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$\tau_{-1}, \text{МПа}$	$n$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$
363	–	$10^7$	590
–	186	$10^7$	640

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1230, конца 850. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, сечения 101–350 мм – в ямах.

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом, АрДС, КТС. Подогрев и последующая термообработка применяются в зависимости от метода сварки, вида и назначения конструкции.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,8$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,5$  в закаленном и отпущенном состоянии при  $HВ 235$  и  $\sigma_B = 730$  МПа.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна [82].

### Коррозионная стойкость [43]

Среда	Температура, °С	Длительность испытания, ч	Глубина коррозии, мм/год
Вода	300	50	0,001
Морская вода	–	8000	0,001
7%-ный раствор $HNO_3$	20	720	0,004

Примечание. Для повышения коррозионной стойкости рекомендуется деталь подвергать термообработке по режиму: закалка с 950–1000 °С в масле или на воздухе; отпуск при 650–700 °С или полировка деталей.

### Жаростойкость [81]

Среда	Температура, °С	Глубина, мм/год	Группа стойкости или балл
Воздух	600	0,02	4
	800	0,45	6
	900	1,5	Малостойкая

### Сталь 20Х13

Заменитель – стали 12Х13, 14Х17Н2.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 18968–73, ГОСТ 19442–74. Калиброванный пруток ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 18907–73. Лист толстый ГОСТ 7350–77. Лист тонкий ГОСТ 5582–75. Лента ГОСТ 4986–79. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76, ГОСТ 18968–73. Проволока ГОСТ 18143–72. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 18968–73, ГОСТ 25054–81. Трубы ГОСТ 14162–79.

Назначение – детали с повышенной пластичностью, подвергающиеся ударным нагрузкам и работающие при температуре до 450–500 °С, а также изделия, подвергающиеся действию слабоагрессивных сред при комнатной температуре. Сталь коррозионнотстойкая, жаропрочная мартенситного класса.

### Температура критических точек, °С [68]

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
810	900	660	710	320

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-81)

С	Si	Mn	Cr	S	P	Ti	Cu	Ni
	не более			не более				
0,16-0,25	0,8	0,8	12,0-14,0	0,025	0,030	0,2	0,30	0,6

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
			не менее				
ГОСТ 5949-75	Пруток. Закалка с 1000-1050 °С на воздухе или в масле; отпуск при 600-700 °С, охл. на воздухе или в масле	60	635	830	10	50	59
	Пруток. Закалка с 1000-1050 °С на воздухе или в масле; отпуск при 660-770 °С, охл. на воздухе, в масле или в воде	60	440	650	16	55	78
ГОСТ 18907-73	Пруток шлифованный, обработанный на заданную прочность	1-30	-	510-780	14	-	-
ГОСТ 7350-77	Лист горячекатаный или холоднокатаный. Закалка с 1000-1050 °С на воздухе; отпуск при 680-780 °С, охл. на воздухе или с печью (образцы поперечные)	Св. 4	372	509	20	-	-
ГОСТ 25054-81	Поковка. Закалка с 1000-1050 °С на воздухе или в масле	1000	441	588	14	40	39
ГОСТ 4986-79	Лента холоднокатаная. Отжиг или отпуск при 740-800 °С	До 0,2 0,2-2,0	-	500 500	8 16	-	-
	Проволока термообработанная	1,0-6,0	-	490-780	14	-	-

### Механические свойства заготовок сечением 14 мм в зависимости от температуры отпуска [70]

t <sub>отп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
200	1300	1600	13	50	81	46
300	1270	1460	14	57	98	42
450	1330	1510	15	57	71	45
500	1300	1510	19	54	75	46
600	920	1020	14	60	71	29
700	650	78	18	64	102	20

П р и м е ч а н и е. Закалка с 1050 °С на воздухе.

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
Нормализация при 1000–1020 °С; отпуск при 730–750 °С. При 20 °С НВ 187–217					
20	510	710	21	66	64–171
300	390	540	18	66	196
400	390	520	17	59	196
450	370	480	18	57	235
500	350	430	33	75	245
550	275	340	37	83	216
Образец диаметром 6 мм и длиной 30 мм, прокатанный. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с					
800	59	70	51	98	–
850	–	–	43	–	–
900	–	–	66	–	–
1000	39	61	59	–	–
1150	21	31	84	100	–

### Механические свойства прутков при отрицательных температурах [28]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
Сечение 25 мм. Нормализация при 1000 °С, охл. на воздухе; отпуск при 680–750 °С					
+20	540	700	21	62	76
–20	560	730	22	59	54
–40	580	770	23	57	49
–60	570	810	24	57	41
Сечение 14 мм. Закалка с 1050 °С на воздухе; отпуск при 600 °С					
+20	–	–	–	–	71
–20	–	–	–	–	81
–60	–	–	–	–	64

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа	$\tau, \text{ч}$
450	125	1/100000	450	289	10000
470	75	1/100000	470	191	10000
500	47	1/100000	500	255	100000
550	29	1/100000	550	157	100000

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 367 \text{ МПа}$  при  $n = 10^7$  (образцы гладкие).

### Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки [180]

Термообработка	Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$					
Нормализация при 1000–1020 °С, охл. на воздухе; отпуск при 730–750 °С, охл. на воздухе	500	5000	500	690	20	62	108
		10000	420	670	23	65	118
	550	1000	450	690	26	65	–
		10000	440	660	24	63	108
	600	3000	450	660	21	60	78
		10000	380	630	23	63	147

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 850. Сечения до 150 мм охлаждаются на воздухе, сечениям 150–400 мм необходим низкотемпературный отжиг с одним переохлаждением.

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки РДС, АрДС и КТС. Подогрев и последующая термообработка применяются в зависимости от метода сварки, вида и назначения конструкции.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,7$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,45$  в закаленном и отпущенном состоянии при  $HV\ 241$  и  $\sigma_b = 730$  МПа.

Флокеночувствительность – не чувствительна [83].

Склонность к отпускной хрупкости – склонна [51].

### Коррозионная стойкость [43]

Среда	Температура, °С	Длительность испытания, ч	Глубина коррозии, мм/год
Вода дистиллированная или пар	100	–	0,1
Вода почвенная	20	–	1,0
Морская вода	20	720	0

### Сталь 30X13

Заменитель – сталь 40X13.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 18907–73. Лист тонкий ГОСТ 5582–75. Лента ГОСТ 4986–70. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Проволока ГОСТ 18143–72. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 25054–81, ГОСТ 1133–71.

Назначение – режущий, мерительный инструмент, пружины, карбюраторные иглы, штоки поршневых компрессоров, детали внутренних устройств аппаратов и другие различные детали, работающие на износ в слабоагрессивных средах до 450 °С.

### Температура критических точек, °С [68]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$ [105]
810	860	660	710	240

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ti	Cu	Ni
	не более			не более				
0,26–0,35	0,8	0,8	12,0–14,0	0,025	0,030	0,2	0,30	0,6

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость, не более
			не менее					
ГОСТ 5949–75	Закалка с 950–1020 °С в масле; отпуск при 200–300 °С, охл. на воздухе или в масле	Образцы	–	–	–	–	–	HRC <sub>3</sub> 50

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$ ,	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твер- дость, не более
			МПа					
ГОСТ 18907-73	Пруток шлифованный, обработанный на заданную прочность	1-30	не менее				-	-
ГОСТ 25054-81	Поковка. Закалка с 1000-1050 °С в масле; отпуск при 700-750 °С, охл. на воздухе	До 1000	588	735	14	40	29	НВ 235-277*1
ГОСТ 18143-72	Проволока термообработанная	1-6	-	490-830	12	-	-	-

\*1 Поверхности.

### Механические свойства прутков при 20 °С в зависимости от тепловой выдержки [180]

Термообработка	Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	t, °С	$\tau$ , ч					
Закалка с 1000 °С на воздухе; отпуск при 650 °С, охл. на воздухе	550	3000	670	860	16	51	44
	600	3000	620	800	20	56	50
	550	7000	610	800	18	54	49
	600	10000	420-450	670	23-26	57	

### Ударная вязкость КСУ прутков сечением 25 мм [71]

КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
+20	-20	-50
63	52	45

### Механические свойства при повышенных температурах [82]

t <sub>исп.</sub> , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Прокат. Нормализация при 1000 °С, охл. на воздухе; отпуск при 650 °С, 2-8 ч</i>					
20	700	940	16	52	54
200	660	820	14	58	127
300	630	770	13	53	122
400	570	710	13	53	157
500	530	610	14	55	162
600	410	450	21	81	157
<i>Образец диаметром 6 мм и длиной 30 мм, деформированный.</i>					
<i>Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с</i>					
800	77	89	67	98	-
900	93	130	82	82	-
1000	50	76	70	97	-
1100	37	43	71	98	-
1200	26	29	74	98	-

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура испытания, °С
132	1/100000	400
82	1/100000	450

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 372$  МПа при  $n = 10^7$ .

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 850. Сечения до 400 мм подвергаются низкотемпературному отжигу с одним переохлаждением.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обработываемость резанием –  $K_{\nu \text{ тв.спл}} = 0,70$  и  $K_{\nu \text{ б.ст}} = 0,45$  в закаленном и отпущенном состоянии при  $HВ 241$  и  $\sigma_B = 730$  МПа.

Флокеночувствительность – не чувствительна [83].

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна [83].

### Коррозионная стойкость [43]

Среда	Температура, °С	Длительность испытания, ч	Глубина коррозии, мм/год
Морская вода	100	93	0,01
63,4 %-ный раствор H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	15	24	2,1
Пар-воздух	100	50	0,018

П р и м е ч а н и е. Для повышения коррозионной стойкости рекомендуется отпуск при температуре до 300 °С или свыше 500 °С.

Жаростойкость [82] – стойкая при длительном сроке службы с температурой до 600–650 °С.

### Сталь 40Х13

Заменитель – сталь 30Х13.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 18907–73. Лист тонкий ГОСТ 5582–75. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Проволока 18143–72. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение – режущий, мерительный инструмент, пружины, карбюраторные иглы, предметы домашнего обихода, клапанные пластины компрессоров и другие детали, работающие при температуре до 400–450 °С, а также детали, работающие в коррозионных средах. Сталь коррозионностойкая мартенситного класса.

### Температура критических точек, °С [170]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
820	870	780	270

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ti	Cu	Ni
	не более			не более				
0,36–0,45	0,8	0,8	12,0–14,0	0,030	0,025	0,2	0,30	0,6



### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	Твердость
			не менее		
ГОСТ 5949-75	Пруток. Закалка с 1000–1050 °С в масле; отпуск при 200–300 °С, охлаждение на воздухе или в масле	Образцы	–	–	Не менее HRC <sub>c</sub> 52
ГОСТ 18907-73	Пруток: шлифованный, обработанный на заданную прочность отожженный	1–30	590–810	10	–
ГОСТ 5582-75	Лист горячекатаный или холоднокатаный; отжиг или отпуск 740–800 °С (образцы поперечные)	Св. 5 До 3,9	550	15	HB 143–229
ГОСТ 18143-72	Проволока термообработанная	1–6	590–880	10	–

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [143]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>c</sub> , HB
200	1620	1840	1	2	19	52
350	1450	1710	11	22	25	50
500	1390	1680	7	9	19	51
700	500	780	35	59	71	HB 217

Примечание. Закалка с 1000 °С в масле.

### Механические свойства при повышенных температурах [180]

$t_{исп}$ , °С	Состояние поставки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
20	Закалка с 1030–1050 °С на воздухе;	1420	1670	6	34	11
410	отпуск при 530 °С, выдержка 2 ч, охл.	1310	1360	7	36	–
470	на воздухе	960	1130	12	45	6
510		980	1070	12	49	–
20	Закалка с 1050 °С на воздухе; отпуск	890	1120	13	32	12
200	при 600 °С, выдержка 3 ч	810	940	11	40	49
300		710	900	10	39	69
400		670	780	12	45	73
500		470	520	20	77	78
600		255	300	21	84	118
20	Закалка с 1050 °С на воздухе; отпуск	710	930	14	42	24
400	при 650 °С, выдержка 3 ч. При 20 °С	–	–	–	–	93
450	HB 277–286	540	640	15	44	–
500		–	540	18	67	132
800	Образец деформированный диамет-	120	130	64	96	–
900	ром 6 мм и длиной 30 мм; скорость	100	125	68	92	–
950	деформирования 16 мм/мин; скорость	74	90	84	96	–
1000	деформации 0,009 1/с	51	75	70	98	–
1050		45	57	73	100	–
1100		43	53	60	98	–
1150		34	40	64	100	–
1200		27	32	60	100	–

## Механические свойства при 20 °С в зависимости от тепловой выдержки [180]

Термообработка	Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ <sub>1,2</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	
	t, °С	$\tau$ , ч						
Закалка с 1050 °С в масле; отпуск: 550 °С, 10 ч	Без тепловой выдержки		940	1140	13	48	21	
	470	1000	870	1080	11	43	—	
		3000	900	1080	13	42	23	
600 °С, 3 ч	Без тепловой выдержки		890	1120	13	32	11	
	450	5000	820	1080	12	28–31	—	
		10000	840	1000	13	25–33	—	
530 °С, 6 ч	470	500	930	1100	13	47	15	
		1000	880	1060	14	46	—	
		5000	750	990	14	37	22	

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 370$  МПа при  $\sigma_b = 880$  МПа, НВ 270.

### Ударная вязкость КСУ [28]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
	+20	-78
Прутки диаметром 55 мм	54	7

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850. Сечения до 200 мм подвергаются низкотемпературному отжигу.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,6$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,4$  в закаленном и отпущенном состоянии при НВ 340 и  $\sigma_b = 730$  МПа.

### Коррозионная стойкость [43]

Среда	Температура, °С	Длительность испытания, ч	Глубина коррозии, мм/год
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (концентрированная)	20	720	0,01
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (63,4 %-ный раствор)	40	24	5,27
Аммиак (24 %-ный)	20	720	0,0032

Жаростойкость — стойкая при длительном сроке службы с температурой до 600–650 °С.

## Сталь 10X14AG15

Заменитель — стали 12X18H9, 08X18H10, 12X18H9T, 12X18H10T.

Вид поставки — лист тонкий ГОСТ 5582–75.

Назначение — для немагнитных деталей, работающих в слабоагрессивных средах. Сталь коррозионностойкая аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	N	S	P	Ti	Cu	Ni
не более					не более				
0,10	0,8	14,5–16,5	13,0–15,0	0,15–0,25	0,030	0,045	0,2	0,30	0,6

## Механические свойства листов (ГОСТ 5582-75)

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
		не менее	
Закалка с 950-1100 °С в воде (образцы поперечные)	До 3,9	740	45

### Механические свойства при повышенных температурах [170]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
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

Примечание. Закалка с 1050 °С в воде.

### Механические свойства листа сечением 3 мм в зависимости от степени холодной пластической деформации [170]

Степень деформации, %	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
0	370-420	700-860	60
20	920-960	1040-1140	32
40	1080-1210	1080-1210	18
60	1410-1560	1520-1680	7

Примечание. Закалка с 1050 °С в воде.

### Технологические свойства [170]

Температураковки, °С: начала 1160, конца 850.

Свариваемость — без ограничений. Рекомендуется РДС стандартными электродами. Хорошо сваривается в среде защитных газов как без присадки, так и с присадкой проволокой 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.

## Сталь 12X17

Заменитель — сталь 12X18H9T.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949-75, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77. Лист толстый ГОСТ 7350-77. Лист тонкий ГОСТ 5582-75. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 4405-75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 5949-75, ГОСТ 1133-71. Трубы ГОСТ 9940-81, ГОСТ 9941-81.

Назначение — крепежные детали, валики, втулки и другие детали аппаратов и сосудов, работающих в разбавленных растворах азотной, уксусной, лимонной кислоты, в растворах солей, обладающих окислительными свойствами. Сталь коррозионноустойчивая и жаропрочная до 850 °С ферритного класса.

Температура критических точек:  $A_{c1} = 860$  °С,  $A_{r1} = 810$  °С.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ti	Cu	Ni
не более				не более				
0,12	0,8	0,8	16,0-18,0	0,025	0,035	0,2	0,30	0,6

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
			не менее			
ГОСТ 5949-75	Пруток. Отжиг при 760-780 °С, охл. на воздухе или в воде	60	245	390	20	50
ГОСТ 7350-77	Лист горячекатаный или холоднокатаный: отжиг или отпуск при 760-780 °С, охл. на воздухе или с печью (образцы поперечные)	Св. 4	-	440	18	-
ГОСТ 5582-75	отжиг или отпуск при 740-780 °С (образцы поперечные)	До 3,9	-	490	20	-
ГОСТ 9940-81	Труба бесшовная: горячедеформированная без термообработки	3,5-32	-	441	17	-
	холодно- и теплodeформированная, термообработанная	0,2-22	-	441	17	-

### Твердость стали после цементации [26]

Термообработка	Твердость поверхности $HRC_s$
Цементация при 950 °С, 12 ч в твердом карбюризаторе (85 % - березового угля, 10 % соды, 50 % углекислого бария); закалка с 1000 °С в масле; отпуск при 180 °С	Поверхности св. 56

### Ударная вязкость КСЧ в состоянии поставки [28]

КСЧ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
+20	-30	-70
34	6	3

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
<i>Отжиг при 780 °С, охлаждение на воздухе</i>				
20	310	510	28	70
100	290	450	27	-
200	265	460	26	-
300	255	440	25	-
600	145	195	60	-
<i>Образец диаметром 10 мм, длиной 50 мм, прокатанный. Скорость деформирования 1,1 мм/мин; скорость деформации 0,0004 1/с</i>				
700	-	84	67	97
800	-	40	64	98
900	-	22	58	98
1000	-	21	81	97
1100	-	14	73	97
1200	-	8	85	99
1300	-	6	99	97

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1250, конца 900. Сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость – трудносвариваемая. Способы сварки: РДС, АрДС. Рекомендуется последующая термообработка.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна при температуре 475 °С при длительных выдержках [82].

### Сталь 08Х17Т

Заменитель – стали 12Х17, 08Х18Т1.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист тонкий ГОСТ 5582–75. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71. Трубы ГОСТ 9941–81, ГОСТ 9940–81.

Назначение – изделия, работающие в окислительных средах, а также в атмосферных условиях, кроме морской атмосферы, в которой возможна точечная коррозия. Теплообменники, трубы. Сварные конструкции, не подвергающиеся действию ударных нагрузок и работающие при температуре не ниже –20 °С. Сталь жаростойкая, коррозионностойкая ферритного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

С	Si	Mn	Cr	Ti	S	P	Cu	Ni
					не более			
0,08	0,8	0,8	16,0–18,0	0,8	0,025	0,035	0,30	0,6

### Механические свойства при 20 °С

ГОСТ	Состояние поставки, термообработка	Сечение, мм	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
			не менее	
ГОСТ 7350–77	Лист горячекатаный или холоднокатаный: отжиг или отпуск при 760–780 °С, охл. на воздухе (образцы поперечные)	Св. 4	440	18
ГОСТ 5582–75	отжиг или отпуск при 740–780 °С (образцы поперечные)	До 3,9	460	20
ГОСТ 9940–81	Труба бесшовная: горячедеформированная без термообработки	3,5–32	372	17
ГОСТ 9941–81	холодно- и теплodeформированная термообработанная	0,2–22	372	17

### Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	460	30	20	500	245	35	118
200	390	31	98	600	195	36	167
300	330	32	127	700	155	37	196
400	280	33	137	800	78	54	176
				900	59	90	167

Примечание. Нагрев при 760 °С, охлаждение на воздухе.

## Механические свойства при повышенных температурах [139]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
1100	59	110	147
1200	59	111	78

## Ударная вязкость KCU в состоянии поставки [139]

Толщина листа, мм	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-20	-40
8	177	9	6
8	156	7	6

Примечание. Образцы поперечные.

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1220, конца 900. Сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — ограниченная. Удовлетворительные механические свойства можно получить при сварке изделий, имеющих небольшие толщины до 2–3 мм. Для автоматической электродуговой сварки под флюсом АН-26 и АНФ-14 применяют проволоку Св-08Х20Н9Г7Т, Св-05Х25Н12ТЮ.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна при 475 °С при длительных выдержках [82].

## Сталь 95Х18

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение — втулки, оси, стержни, шариковые и роликовые подшипники и другие детали, к которым предъявляются требования высокой твердости и износостойкости и работающие при температуре до 500 °С или подвергающиеся действию умеренных агрессивных сред. Сталь коррозионная мартенситного класса.

## Температура критических точек, °С [88]

$A_{C_1}$	$A_{C_m}$	$A_{r_{C_m}}$
830	1100	810

## Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ti	Cu	Ni
	не более			не более				
0,9–1,0	0,8	0,8	17–19	0,025	0,03	0,2	0,30	0,6

### Механические свойства

Состояние поставки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
	не менее					
Закалка с 1000–1050 °С в масле; отпуск при 200–300 °С, охл. на воздухе или в масле	–	–	–	–	–	Св. 56
Пруток. Полный отжиг при 885–920 °С, 1–2 ч	420	770	15	30	–	–
Пруток. Неполный отжиг при 730–790 °С, 2–6 ч	770	880	12	25	–	24–29
Подогрев 850–860 °С; закалка с 1000–1070 °С в масле или на воздухе; обработка холодом при 70–80 °С; отпуск при 150–160 °С, охл. на воздухе	–	1980–2300	–	–	63	Св. 5

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [82]

$t_{исп.}$ , °С	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>	$t_{исп.}$ , °С	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
Закалка с 1040 °С в масле			Закалка с 1050 °С в масле		
200	265	59	150	–	59–64
300	285	53	200	–	58–62
400	245	56	300	–	55–59
500	205	56	400	–	56–59
			500	–	51–54
			600	–	41–44

### Механические свойства при повышенных температурах [82]

$t_{исп.}$ , °С	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub>
20	–	58–59
200	12–18	57–58
300	12–22	56–57
400	12–22	56–57

Примечание. Закалка с 1050 °С в масле; обработка холодом при –70 °С; отпуск при 400 °С.

### Предел выносливости

Термообработка	$\sigma_{-1}$ , МПа
Закалка с 1050 °С в масле; отпуск при 150 °С; твердость HRC <sub>3</sub> 61	960

### Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1180, конца 850. Сечения до 700 мм подвергаются отжигу с перекристаллизацией и отпуску.

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обработываемость резанием –  $K_{y, \text{тв.сдл}} = 0,86$  и  $K_{y, \text{б.ст}} = 0,35$  в отожженном состоянии при HB 212–217 и  $\sigma_b = 700$  МПа.

Флокеночувствительность – незначительная.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна при температуре отпуска 450–600 °С [170].

## Коррозионная стойкость [82]

Сталь обладает высокой стойкостью в морской и речной воде, в щелочных растворах с концентрацией 1–20 % и органических веществах (сырая нефть при 20–220 °С); хорошей стойкостью в азотной и уксусной кислотах; удовлетворительной стойкостью в ортофосфорной кислоте и плохой стойкостью в соляной и серной кислотах.

### Сталь 08Х18Т1

Заменитель – стали 12Х17, 08Х17Т.

Вид поставки – лист тонкий ГОСТ 5582–75.

Назначение – конструкции, не подвергающиеся воздействию ударных нагрузок и работающие в основном в окислительных средах, например растворах азотной кислоты. Применение в сварных конструкциях в основном ограничивается малыми сечениями деталей (до 3,0 мм). Не рекомендуется использовать для сварных конструкций, работающих в условиях ударных нагрузок. Предельная температура службы сварных конструкций не ниже –20 °С. Сталь жаростойкая и коррозионностойкая ферритного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ti	S	P	Cu	Ni
не более					не более			
0,08	0,8	0,7	17,0–19,0	0,6–1,0	0,025	0,035	0,30	0,6

### Механические свойства листов сечением до 3,9 мм (ГОСТ 5582–75)

Термообработка	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %
	не менее	
Отжиг при 830–860 °С, охл. на воздухе или нормализация при 960–1000 °С, охл. на воздухе или в воде (образцы поперечные)	460	30

### Механические свойства листа сечением 3 мм в зависимости от степени холодной пластической деформации [170]

Степень деформации, %	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	Степень деформации, %	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %
0	540	36	46	870	2
13	710	9	55	890	2
29	790	3	60	920	2
			66	980	2

П р и м е ч а н и е. Закалка с 850–870 °С в воде.

### Технологические свойства [170]

Температураковки, °С: начала 950–1050, конца 720–800; охлаждение на воздухе.

Свариваемость – ограниченная. Удовлетворительные механические свойства можно получить при сварке изделий, имеющих небольшие толщины до 2–3 мм. Для автоматической электродуговой сварки под флюсом АН-26 и АНФ-14 применяют



проволоку: Св-08Х20Н9Г7Т и Св-05Х25Н12ТЮ. Сталь успешно сваривается арго-нодуговой сваркой без присадочного материала и с применением в качестве присадочного материала проволоки из стали 10Х18Н10Т. Для малых сечений применяют контактную сварку.

### Сталь 15Х25Т

Заменитель – сталь 12Х18Н10Т.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88 Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 7350–77. Лист тонкий. ГОСТ 5582–75. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71. Трубы ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81.

Назначение – для сварных конструкций, не подвергающихся действию ударных нагрузок при температуре эксплуатации не ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ ; для изготовления труб для теплообменной аппаратуры, работающей в агрессивных средах; аппаратуры, деталей, чехлов термпар, электродов искровых зажигательных свечей, теплообменников. Сталь жаростойкая до  $1100^{\circ}\text{C}$ , коррозионнотойкая ферритного класса.

#### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ti	S	P	Cu	Ni
не более					не более			
0,15	1,0	0,8	24,0–27,0	5,0–0,9	0,025	0,035	0,30	0,6

#### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
			не менее			
ГОСТ 5949–75	Пруток. Отжиг при $730\text{--}770^{\circ}\text{C}$ , охл. на воздухе или в воде или без термообработки Лист горячекатаный или холоднокатаный (образцы поперечные):	60	295	440	20	45
ГОСТ 7350–77	отжиг или отпуск при $740\text{--}780^{\circ}\text{C}$ , охл. в воде	Св. 4	–	440	14	–
ГОСТ 5582–75	отжиг или отпуск при $740\text{--}780^{\circ}\text{C}$ Трубы бесшовные:	До 3,9	–	530	17	–
ГОСТ 9940–81	горячедеформированные без термообработки	3,5–32	–	441	17	–
ГОСТ 9941–81	холоднокатаные и теплодеформированные термообработанные	0,2–22	–	461	17	–

#### Механические свойства прутков при повышенных температурах [170]

$t_{исп}$ , $^{\circ}\text{C}$	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$t_{исп}$ , $^{\circ}\text{C}$	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
700	77	48	93	1000	11	148	100
800	26	104	99	1100	8	139	99
900	19	153	99				

Примечание. Отжиг при  $760\text{--}780^{\circ}\text{C}$ , охл. в воде.

### Механические свойства в зависимости от степени пластической деформации [170]

Степень деформации, %	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	Степень деформации, %	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %
0	450	32	40	800	7
10	600	15	50	840	6
20	700	10	60	860	5
30	760	8			

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [170]

$t_{исп.}$ , °С	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}$ , °С	Предел длительной прочности, МПа	$\tau$ , ч
700	12	1/1000	700	18	1000
700	8	1/10000	800	8	
875	3	1/1000	875	4	
875	2	1/10000	1000	3	

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1160, конца 800.

Свариваемость – трудносвариваемая. При автоматической сварке рекомендуют использовать проволоку Св-07Х25Н13, Св-06Х25Н12ТЮ, Св-13Х25Н18 с флюсом АН-26. В случае ручной сварки хорошую пластичность обеспечивают электроды с проволокой из стали Св-13Х25Н18 (марки ОЗЛ-9) или с проволокой Св-07Х25Н13 типа ЭА-2 и ЭА-2Б. Необходим подогрев при 150–200 °С и последующая термообработка – отпуск 600 °С.

Обрабатываемость резанием –  $K_{у.тв.спл} = 0,9$  и  $K_{у.б.ст} = 0,6$  в отожженном состоянии при  $HВ$  149–163.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна в интервале 450–520 °С [82].

### Жаростойкость [82]

Среда	$t$ , °С	$\tau$ , ч	Глубина, мм/год	Группа стойкости или балл
Спокойный воздух	850	–	0,175	6
	950	–	0,294	6
	1050	–	0,490	6
Поток воздуха	900	500	0,39	6
	1,5 % SO <sub>2</sub> + воздух	900	500	0,54

### Коррозионная стойкость [43]

Среда	$t$ , °С	$\tau_{исп.}$ , ч	Глубина коррозии, мм/год
6%-ный раствор HNO <sub>3</sub>	20	640	0,001
40%-ный раствор HNO <sub>3</sub>		640	0,001
85%-ный раствор H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>		480	0,01

### Сталь 15Х28

Заменитель – стали 15Х25Т, 20Х23Н18.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный прутки ГОСТ 7417–75,

ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист тонкий ГОСТ 5582–75. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71. Трубы ГОСТ 9940–81.

Назначение – сварные конструкции, не подвергающиеся действию ударных нагрузок при температуре эксплуатации не ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ ; спай со стеклом; аппаратура, детали, трубы пиролизных установок, теплообменники; трубы для теплообменной аппаратуры, работающей в агрессивных средах. Сталь жаростойкая коррозионноустойчивая ферритного класса.

#### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ti	Cu	Ni
не более				не более				
0,15	1,0	0,8	27,0–30,0	0,025	0,035	0,2	0,30	0,60

#### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
			не менее			
ГОСТ 5949–75	Пруток. Отжиг при $680-720^{\circ}\text{C}$ , охл. на воздухе или в воде или без термической обработки	60	295	440	20	45
ГОСТ 5582–75	Лист горячекатаный или холоднокатаный. Отжиг или отпуск при $740-780^{\circ}\text{C}$ (образцы поперечные)	До 3,9	–	530	17	–
ГОСТ 9940–81	Трубы бесшовные горячедеформированные	3,5–32	–	441	17	–

#### Механические свойства при повышенных температурах [139]

$t_{исп.}$ , $^{\circ}\text{C}$	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
20	530	30	–	10
100	490	27	–	20
200	490	29	–	206
300	460	22	–	196
400	500	18	–	181
500	390	20	–	147
600	170	60	–	181
700	76	48	92	174
800	26	104	99	208
900	19	153	99	160
1000	11	147	100	151
1100	8	139	99	127

Примечание. Отжиг при  $760-780^{\circ}\text{C}$ .

#### Технологические свойства [170]

Температураковки,  $^{\circ}\text{C}$ : начала  $950-1000$ , конца  $750-800$ ; охлаждение производят на воздухе.

Свариваемость – ограниченная. Для сварки применяется ручная дуговая сварка электродами типа ЭА-2 и аргонодуговая. Сварку желательно проводить с подогревом до  $150-300^{\circ}\text{C}$ .

Склонность к отпускной хрупкости – склонна при нагреве в интервале  $450-520^{\circ}\text{C}$  из-за выделения  $\sigma$ -фазы.

### Жаростойкость [170]

Среда	$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$	Глубина, мм/год	Группа стойкости или балл
Спокойный воздух	1050	1520	0,45	6
Поток воздуха	1050	100	0,7	Пониженная
1,5 % $\text{SO}_2$ + воздух	1050	100	2,9	Малостойкая

### Коррозионная стойкость [43]

Раствор $\text{H}_3\text{PO}_4$	$t, ^\circ\text{C}$	$\tau_{\text{исп}}, \text{ч}$	Глубина коррозии, мм/год
60 %	20	100	0,04
80 %	20	100	0,1
68 %	80	20	0,65

### Сталь 25X13H2

Вид поставки – шлифованный пруток ГОСТ 18907–73, ТУ 14-1-721–73. 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 коррозионностойкая мартенситного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Ti	Cu
							не более	
0,2–0,3	≤0,5	0,8–1,2	12,0–14,0	1,5–2,0	0,15–0,25	0,08–0,15	0,2	0,30

### Механические свойства прутков

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{\text{в}}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	Твердость
		не менее		
Пруток: шлифованный обработанный на заданную прочность	1–30	690–980	–	–
отожженный	Св. 5	–	–	HB 207–285
то же	–	830	10	HRC <sub>3</sub> 25–27

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [138]

$t_{\text{отп}}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{\text{в}}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	Твердость HRC <sub>3</sub>
200	1620	3	55
300	1590	7	54
400	1530	4	53
500	1470	3	51
600	1220	6	39
700	730	9	30
800	710	9	27

Примечание. Закалка с 1030–1050 °С, охл. на воздухе.

## Технологические свойства [138]

Температураковки, °С: начала 1150, конца 800; охлаждение медленное в печах.

### Сталь 20Х23Н13

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949-75, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77. Лист толстый ГОСТ 7350-77, ГОСТ 19903-74, ГОСТ 19904-74. Лист тонкий ГОСТ 5582-75, ГОСТ 19904-74. Полоса ГОСТ 4405-75, ГОСТ 103-76. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 1133-71.

Назначение — детали, работающие при высоких температурах в слабонагруженном состоянии. Сталь жаростойкая до 900-1000 °С, аустенитно-ферритного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu	Ti
не более					не более			
0,20	1,0	2,0	22,0-25,0	12,0-15,0	0,025	0,035	0,30	0,2

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %
			не менее			
ГОСТ 5949-75	Пруток. Закалка с 1100-1150 °С на воздухе, в масле или в воде	60	295	490	35	50
ГОСТ 5582-75	Лист горячекатаный или холоднокатаный (образцы поперечные): закалка с 1100-1150 °С в воде или на воздухе	До 3,9	—	540	35	—
ГОСТ 7350-77	закалка с 1030-1120 °С в воде	Св. 4	—	568	35	—

### Механические свойства при повышенных температурах [180]

t <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
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

Примечание. Закалка с 1050 °С в воде.

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [170]

t <sub>исп.</sub> , °С	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	t <sub>исп.</sub> , °С	Предел длительной прочности, МПа	τ, ч
550	151	1/100000	550	235	10000
550	57	1/100000	600	186	10000
			550	196	100000
			600	147	100000

## Чувствительность к охрупчиванию при старении [180]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
Исходное состояние	—	206
600	1000	100
600	2000	78
600	8800	16
750	1000	55
750	2000	78

Примечание. Закалка с 1050 °С в воде.

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1220, конца 900. Сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, электроды ОЗЛ-6, ЦЛ-25 и другие.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна в интервале 600–800 °С из-за образования  $\delta$ -фазы.

## Сталь 20Х23Н18

Заменитель — стали 20Х23Н13, 15Х25Т.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 7350–77, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 19904–90. Лента ГОСТ 4986–79. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение — поковки, бандажи для работы при 650–700 °С, детали камер сгорания, хомуты, подвески и другие детали крепления котлов, муфелей для работы при температуре до 1100 °С, бесшовные трубы. Сталь жаростойкая и жаропрочная аустенитного класса.

## Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не более					не более			
0,20	1,0	2,0	22,0–25,0	17,0–20,0	0,2	0,02	0,035	0,30

## Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
			не менее			
ГОСТ 5949–75	Пруток. Закалка с 1100–1150 °С на воздухе или в воде	60	196	490	35	50
ГОСТ 7350–77	Лист горячекатаный или холоднокатаный. Закалка с 1030–1130 °С в воде (образцы поперечные)	Св. 4	264	539	35	—
ГОСТ 4986–79	Лента холоднокатаная. Закалка с 1050–1080 °С в воде или на воздухе	До 0,2	—	580	(19)	—
		0,2–2,0	—	580	(38)	—

**Механические свойства прутков сечением 38–55 мм в зависимости от тепловой выдержки и температуры испытания [180]**

Термообработка	Тепловая выдержка		$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$						
Закалка с 1180 °С в воде; старение при 800 °С, 4 ч	650	10000	20	330	590–630	12–18	28	64–69
			650	205	340–390	11–15	16–21	127
			20	320	510–550	5–6	8–10	15
	700	10000	20	195	285–330	4–5	5–8	49
			20	295	640	26–35	29–42	59
			500	195	460	22	33–43	–
	800	2000	650	175	390	14–19	23–24	137–167
			800	145	185	6–8	12–16	–
			20	315	590–630	17–32	20–39	34
	800	4000	500	195	470	18–25	29–35	54–59
			650	185	350	8–12	15–17	78–98
			800	135	185	7–10	13–18	–
	800	10000	20	275	580–620	14–28	20–39	34
			650	175	340–370	5–10	20	73–80

**Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]**

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа	$\tau, \text{ч}$
650	53	1/100000	650	113	10000
700	34	1/100000	700	59	10000
800	12	1/100000	650	78	100000
			700	34	100000

**Механические свойства при повышенных температурах [139]**

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Пруток диаметром 38–55 мм.</i>					
<i>Закалка с 1180 °С в воде; старение при 800 °С, 4 ч</i>					
20	295–320	600–660	29–35	47–54	137–186
300	235	520–540	25–28	45–49	147–166
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
<i>Образец диаметром 10 мм и длиной 50 мм, прокатанный.</i>					
<i>Скорость деформирования 20 мм/мин; скорость деформации 0,007 1/с</i>					
800	215	255	24	67	–
900	135	135	37	77	–
1000	64	71	49	77	–
1100	39	44	51	70	–
1200	22	27	27	31	–

**Предел выносливости [180]**

$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	Характеристики прочности
255	$\sigma_{0,2} = 590 \text{ МПа}$
245	$\sigma_{0,2} = 290 \text{ МПа}$ , $\sigma_b = 570 \text{ МПа}$ ; твердость НВ 140–200; закалка с 1100 °С в воде или на воздухе

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С; начала 1220, конца 900. Сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость – ограниченно свариваемая.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, б.ст} = 0,4$  в нормализованном и отпущенном состоянии при  $HB 178$  и  $\sigma_b = 610$  МПа.

### Коррозионная стойкость [43]

Среда	$t, ^\circ\text{C}$	Глубина коррозии, мм/год
40%-ная $\text{H}_2\text{SO}_4$	20	0,1–1,0
Концентрированная $\text{H}_2\text{SO}_4$	20	0,1

### Жаростойкость [81]

Среда	$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$	Глубина, мм/год	Группа стойкости или балл
Воздух	650	4500	0,0027	2
	750	1500	0,01	3
	800	–	0,044	4

### Сталь 10Х23Н18

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист тонкий ГОСТ 5582–75, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 19904–74. Полоса ГОСТ 103–66, ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 25054–81. Трубы ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81.

Назначение – листовые детали, трубы, арматура (при пониженных нагрузках), работающие при 1000 °С. Сталь жаростойкая, жаропрочная, аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не более					не более			
0,10	1,0	2,0	22,0–25,0	17,0–20,0	0,2	0,020	0,035	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость $HB$ , не более
			не менее				
ГОСТ 5949–75	Пруток. Закалка с 1100–1150 °С на воздухе или в воде	60	196	490	35	50	–
ГОСТ 5582–75	Лист горячекатаный или холоднокатаный. Закалка с 1080–1150 °С в воде или на воздухе (образцы поперечные)	До 3,9	–	510	35	–	–
ГОСТ 25054–81	Поковка. Закалка с	До 1000	196	490	35	40	179



Продолжение

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость HB, не более
			не менее				
ГОСТ 25054-81	Поковка. Закалка с 1000-1050 °С в воде или на воздухе	До 1000	196	490	35	40	179
ГОСТ 9940-81	Труба бесшовная: горячедеформированная без термообработки	3,5-32	-	491	37	-	-
ГОСТ 9941-81	холодно- и теплодеформированная термообработанная	0,2-22	-	529	35	-	-
-	Лист. Закалка с 1100-1150 °С на воздухе, в масле или в воде	-	175	490	40	55	-

### Технологические свойства [82]

Склонность к отпускной хрупкости — склонна в интервале температур 600-800 °С из-за образования  $\sigma$ -фазы.

### Сталь 20Х25Н20С2

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949-75, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77. Лист тонкий ГОСТ 5582-75, ГОСТ 19903-74, ГОСТ 19904-74. Полоса ГОСТ 4405-75, ГОСТ 103-76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71.

Назначение — детали печей, работающие при температуре до 1100 °С в воздушной и углеводородной атмосферах. Сталь жаростойкая аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu	Mo	W	V
не более		не более									
0,20	1,5	2,0-3,0	24,0-27,0	18,0-21,0	0,2	0,020	0,035	0,30	0,30	0,2	0,2

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
			не менее			
ГОСТ 5949-75	Пруток. Закалка с 1100-1150 °С на воздухе или в воде	60	295	590	35	50
ГОСТ 5582-75	Лист горячекатаный и холоднокатаный. Закалка с 1050-1100 °С в воде или на воздухе (образцы поперечные)	До 3,9	-	490	35	-

### Механические свойства при повышенных температурах [177]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_s, \%$	$\psi, \%$
500	255	520	30	47
600	210	490	35	50
700	165	320	40	55
800	110	195	50	63

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа	$\tau, \text{ч}$
875	4	0,5/1000	875	37	100
875	5	1/1000	875	22	1000
1000	10	1/1000	800	20	100000
			900	7	100000

### Технологические свойства

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1170, конца 850. Охлаждение на воздухе. Склонность к отпускной хрупкости – склонна в интервале 600–800  $^\circ\text{C}$  из-за образования  $\sigma$ -фазы (ГОСТ 5632–72).

### Жаростойкость [81]

Среда	$t, ^\circ\text{C}$	Глубина, мм/год	Группа стойкости или балл
Воздух	875	0,117	6
	1050	0,476	6
	1200	1,404	Малостойкая

### Сталь 15X12ВНМФ

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 18968–73, ГОСТ 19442–74. Калиброванный прутки ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76, ГОСТ 18968–73. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение – роторы, диски, лопатки, болты, бандажы, гайки, шпильки и другие детали, работающие до 780  $^\circ\text{C}$ . Сталь жаропрочная, мартенситно-ферритного класса.

Температура критических точек:  $A_{c1} = 805 ^\circ\text{C}$ ,  $A_{c3} = 870 ^\circ\text{C}$ .

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	V	Ti	S	P	Cu
не более											
0,12–0,18	$\leq 0,4$	0,5–0,9	11,0–13,0	0,4–0,8	0,7–1,1	0,5–0,7	0,15–0,30	0,2	0,025	0,030	0,30

## Механические свойства прутков сечением 60 мм (ГОСТ 5949–75)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Отжиг при 900–950 °С, охлаждение в печи; закалка с 1000–1020 °С в масле; отпуск при 680–700 °С, охл. на воздухе	590	740	15	45	59

## Механические свойства при повышенных температурах [180]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Пруток диаметром 40–120 мм. Закалка с 1050 °С в масле; отпуск при 700 °С; при 20 °С твердость НВ 255–271</i>					
20	700–730	830–870	15–18	55–59	93–118
300	600–620	720–730	14–15	59–63	127–147
400	570–590	670–680	13–14	55–62	137–147
500	520–570	550–570	14–15	59–78	118–147
550	455–470	500–520	18–19	78–79	127–137
600	350–370	370–395	20–23	79–88	132–147
650	275–315	295–340	26	87	152
<i>Диск диаметром 750–1020 мм, высотой 300 мм. Поковка ротора диаметром 1140 мм. Закалка с 1050 °С в масле; отпуск при 720 °С (образцы тангенциальные); при 20 °С твердость НВ 228–248</i>					
20	600–650	750–810	14–23	41–55	47–147
100	580–610	720–760	16–18	45–53	78–137
200	540–570	690–710	13–17	37–54	88–147
300	520–540	640–680	13–17	46–51	88–137
400	500–510	610–630	–	45–51	88–147
500	440–460	510–530	15–19	52–61	78–176
600	330–350	340–360	21–31	83–85	98–196

## Ударная вязкость КСУ [180]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	–20	–40	–60
Диск диаметром 750–1020 мм, высотой 300 мм; поковка ротора диаметром 1140 мм – закалка с 1050 °С в масле; отпуск при 720 °С, (образцы тангенциальные); $\sigma_{0,2}$ = 600– 650 МПа, $\sigma_b$ = 750–810 МПа	47–147	57	67	62

## Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки [180]

Изделие	Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
	$t$ , °С	$\tau$ , ч						
Диск диаметром 700 мм, высотой 300 мм	500	5000	600	790	21	57	56	241
	600		580	750	21	49	34	241
Поковка ротора диаметром 1000 мм	550	30000	660	810	17	44	–	262
	600		480	660	21	40	–	207
	550		630	780	14	42	–	255
	600		440	630	26	51	–	196

## Механические свойства при испытании на длительную прочность (ГОСТ 5949–75)

$t_{исп.}$ , °С	Предел ползучести, МПа, не менее	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}$ , °С	Предел длительной прочности, МПа, не менее	$\tau$ , ч
550	98	1/100000	550	235	10000
565	88	1/100000	550	196	100000
580	69	1/100000	580	157	10000
600	54	1/100000	580	137	100000

### Предел выносливости [180]

Образец	$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
Гладкий	380	$10^7$
С надрезом ( $r = 0,75$ мм)	168	$10^7$

Примечание. Закалка с 1050 °С в масле; отпуск при 700–720 °С,  $\sigma_{0,2} = 690$  МПа,  $\sigma_B = 510$  МПа

### Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала 1230, конца 900. Сечения до 250 мм подвергаются отжигу с одним переохлаждением, сечения от 250 до 400 мм – отжигу с двумя переохлаждениями.

Свариваемость – трудносвариваемая. Для сварки применяют электрод КТН-10, до сварки производится полная термическая обработка, после сварки – отпуск при 700 °С в течение 5 ч или при 680 °С в течение 10 ч, охлаждение с печью [81].

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,5$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,1$  при  $HB 230$ .

### Сталь 20X12ВНМФ

Заменитель – стали 15X12ВНМФ, 18ХПМНФБ.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88, ГОСТ 18968–73, ГОСТ 19442–74. Калиброванный пруток ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76, ГОСТ 18968–73. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение – бандажи, диафрагмы, болты, гайки, шпильки и другие высоконагруженные детали, работающие при 600 °С. Сталь жаропрочная мартенситного класса.

Температура критических точек:  $A_{c1} = 805$  °С,  $A_{c3} = 870$  °С.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	V	S	P	Cu
								не более		
0,17–0,23	≤0,6	0,5–0,9	10,5–12,5	0,5–0,9	0,7–1,1	0,5–0,7	0,15–0,30	0,025	0,030	0,30

### Механические свойства прутков сечением 60 мм (ГОСТ 5949–75)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 1010–1060 °С в масле; отпуск при 660–770 °С, охл. на воздухе	590	740	15	50	59

## Механические свойства прутков в зависимости от температуры отпуска [180]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	Время выдержки при отпуске, ч	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
650	2	830	950	15	60	78	290
700	2	780	900	16	59	98	255
750	2	660	800	17	63	166	240
650	10	880	1030	14	58	49	300
700	10	780	930	15	59	78	280
750	10	710	830	17	63	117	240

Примечание. Закалка с 1000 °С в масле.

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа	$\tau$ , ч
450	274	1/100000	500	382	10000
550	98–118		600	103	10000
580	78		500	343	100000
600	54		600	88	100000

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 314\text{--}412$  МПа,  $n = 10^7$  [180].

## Механические свойства при повышенных температурах [180]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Пруток диаметром 40–120 мм. Закалка с 1050 °С в масле; отпуск при 700 °С; при 20 °С твердость НВ 255–271</i>					
20	700–730	830–870	15–18	55–59	93–118
300	600–620	720–730	14–15	59–63	127–147
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	370–395	20–23	79–88	132–147
650	275–315	295–340	26	87	152
<i>Диск диаметром 750–1020 мм, высотой 300 мм. Закалка с 1050 °С в масле; отпуск при 720 °С (образцы тангенциальные); при 20 °С твердость НВ 228–248</i>					
20	600–650	750–810	14–23	41–55	–
100	580–610	720–760	16–18	45–53	78–137
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	–

## Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1230, конца 900. Сечения до 250 мм подвергаются отжигу с одним переохлаждением, сечения от 250 до 400 мм – отжигу с двумя переохлаждениями.

Свариваемость – сталь трудносвариваемая. Способ сварки – РДС, необходимы предварительный подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием –  $K_{в.ст} = 0,6$  в отожженном состоянии при НВ 187 и  $\sigma_b = 610$  МПа.

## Сталь 37Х12Н8Г8МФБ

Вид поставки – шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 18907–73. Назначение – диски крепежные и другие детали, работающие с ограниченным сроком службы при 600–650 °С, Сталь жаропрочная аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	V	S	P	Cu
								не более		
0,34–0,40	0,3–0,8	7,5–9,5	11,5–13,5	7,0–9,0	1,1–1,4	0,25–0,45	1,25–1,55	0,030	0,035	0,30

### Механические свойства прутков сечением 90 мм в зависимости от тепловой выдержки и температуры испытания [180]

Термообработка	Тепловая выдержка		$t_{исп.}$ °С	$\sigma_{0,2}$ МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	$t$ , °С	$\tau$ , ч						
Закалка с 1145 °С, выдержка 2,5 ч, вода; старение при 670 °С, выдержка 16 ч; старение при 780 °С, выдержка 16 ч	550	5000	20	650–760	1010	19–22	30	37–41
			650	490–540	560	10–19	31–47	–
	600	5000	20	660–700	980	19–22	28	34
			650	495	570	15–18	38–45	–
	650	5000	20	500	880	25	30	34
			650	390	510	13	42	–
	700	5000	20	450	810	24–29	30	29
			650	280	440–470	16–20	43	–

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

$t_{исп.}$ , °С	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}$ , °С	Предел длительной прочности, МПа	$\tau$ , ч
550	372–441	10000	600	333–421	1000
600	333		700	225	1000
650	235		600	294–353	10000
700	162		700	176	10000

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 421$  МПа [82].

### Механические свойства при повышенных температурах [180]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Пруток сечением 20–90 мм.</i>					
<i>Закалка с 1140 °С, выдержка 1,5–2,5 ч, охл. в воде;</i>					
<i>старение при 670 °С, выдержка 12–16 ч;</i>					
<i>старение при 780 °С, выдержка 12–16 ч; при 20 °С твердость НВ 275–302</i>					
20	590–780	920–1060	16–24	24–43	31–51
200	540	750	15	37	–
300	520	730	12	36	–
400	490	710	15	36	–
500	480–570	670–750	13–17	32–42	69
600	450–560	590–690	10–16	36–44	49–78
650	420–530	550–630	11–19	34–45	49–78
700	370–520	490–580	10–18	23–39	69

*Диск. Закалка с 1140–1150 °С в воде; старение при 670 °С, выдержка 16 ч;*

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0.2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
<i>Диск. Закалка с 1140–1150 °С в воде; старение при 670 °С, выдержка 16 ч; старение при 720 °С, выдержка 12 ч; при 20 °С твердость НВ 354</i>					
20	910	1100	10	32	–
200	820	960	9	36	–
300	810	930	8	31	–
400	780	900	9	24	–
500	710	830	9	30	–
600	650	710	6	28	–
650	630	710	5	18	–
<i>Образец диаметром 10 мм и длиной 50 мм, прокатанный и отожженный. Скорость деформирования 20 мм/мин; скорость деформации 0,007 1/с [81]</i>					
800	245	350	12	22	–
900	165	180	22	59	–
1000	83	92	38	78	–
1100	47	49	45	88	–
1200	24	26	51	79	–
1250	20	21	21	41	–

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1220, конца 900. Сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС (электроды ЦТ-10), ЭШС. Рекомендуется последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v\text{тв.спл}} = 0,4$  и  $K_{v\text{б.ст}} = 0,2$  в термообработанном состоянии при НВ 269.

### Сталь 13X11H2B2MF

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88. Калиброванный пруток ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение – ответственные нагруженные детали, работающие при температуре 600 °С. Сталь жаропрочная мартенситного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	V	Cu	S	P
	не более							не более		
0,10–0,16	0,6	0,6	10,5–12,0	1,50–1,80	1,6–2,0	0,35–0,50	0,18–0,30	0,30	0,025	0,030

### Механические свойства прутка сечением 60 мм (ГОСТ 5949–75)

Термообработка	$\sigma_{0.2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
	не менее				
Закалка с 1000–1020 °С в масле или на воздухе; отпуск с охл. на воздухе при:					
660–710 °С	735	880	15	55	88
540–590 °С	930	1080	13	55	88

## Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [106]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
200	1330	1520	12	55	61	432
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

Примечание. Закалка с 1000 °С в масле.

## Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{отп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
900	105	135	64	87
1000	39	71	58	81
1100	28	41	61	95
1200	22	27	55	87

Примечание. Образец диаметром 6 мм и длиной 30 мм, прокатанный. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с.

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [3]

Предел длительной прочности, МПа	Длительность испытания, ч	Температура испытания, °С
392	10000	550 [81]
568	100	500
441	100	550
294	100	600

Ударная вязкость прутков при КСУ = 13 Дж/см<sup>2</sup> при температуре -70 °С; после термообработки - закалка с 1000 °С в масле; отпуск при 580 °С, охл. на воздухе;  $\sigma_{0,2} = 1040$  МПа,  $\sigma_b = 1200$  МПа,  $\delta_5 = 17 \%$ ,  $\psi = 67 \%$ .

## Технологические свойства

Температура ковки, °С: начала 1250, конца 850. Сечения до 400 мм подвергаются низкотемпературному отжигу с двумя переохладениями.

Флокеночувствительность - чувствительна [106].

## Сталь 45X14H14B2M

Вид поставки - сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949-75, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 4405-75, ГОСТ 103-76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71.



Назначение — детали арматуры и трубопроводов, клапаны моторов, крепеж для работы на длительные сроки при температуре до 600 °С и для работы с ограниченными сроками до 650 °С. Сталь жаропрочная аустенитного класса.

**Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)**

C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	Cu	S	P
	не более						не более		
0,40-0,50	0,8	0,7	13,0-15,0	13,0-15,0	2,0-2,8	0,25-0,40	0,30	0,020	0,035

**Механические свойства прутков сечением 60 мм (ГОСТ 5949-75)**

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
	не менее			
Высокий отпуск при 810-830 °С, охл. на воздухе	315	710	20	35

**Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки и температуры испытания [180]**

Тепловая выдержка		$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
$t$ , °С	$\tau$ , ч						
550	1000	20	400	840	—	—	78
		550	265	560	23	—	—
		650	260	540	17	—	—
		700	245	410	16	—	—
600	1000	20	400	800	18	37	59
		550	305	610	—	28	—
		600	315	550	—	19	—
		700	280	405	16	30	—
700	1000	20	425	810	—	33	73
		600	260	485	20	46	—
		650	265	465	19	44	—
		700	255	390	17	39	—

**Механические свойства прутков при повышенных температурах [180]**

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	375	775	37	49	96
500	—	—	—	—	73
550	255	570	22	32	—
600	250	490	16	26	64
650	235	435	13	25	73
700	215	340	11	22	77
750	195	275	9	18	81

Примечание. Закалка с 1175 °С в воде; старение при 750 °С, 5 ч.

**Механические свойства при испытании на длительную прочность (ГОСТ 5949-75)**

$t_{исп.}$ , °С	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}$ , °С	Предел длительной прочности, МПа	$\tau$ , ч
600	176	1/10000	600	176	10000
600	78	1/100000	600	147	100000
700	36	1/10000	700	23	10000
700	16	1/100000	600	274	100

### Предел выносливости [180]

Образец	$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
С надрезом	323	$10^7$
Гладкий	289	$10^7$

### Технологические свойства [81]

Температура ковки, °С: начала 1160, конца 850. Сечения до 300 мм охлаждаются в штабелях на воздухе.

Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки – РДС. Для снятия сварочных напряжений рекомендуется последующая термообработка.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,7$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,25$  в закаленном состоянии при  $HV\ 229-241$  [82].

### Сталь 40X15H7Г7Ф2МС

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение – крепежные детали, работающие при температуре 650 °С. Сталь легированная, аустенитного класса, жаропрочная, дисперсионно-твердеющая.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	W	S	P	Cu
							не более			
0,38–0,47	0,9–1,4	6,0–8,0	14,0–16,0	6,0–8,0	0,65–0,95	1,5–1,9	0,2	0,020	0,035	0,30

### Механические свойства прутков сечением 60 мм (ГОСТ 5949–75)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 1170–1190 °С в воде или на воздухе; старение при 780–820 °С; выдержка 8–10 ч на воздухе	590	880	15	15	29

### Механические свойства при 20 °С в зависимости от тепловой выдержки

Термообработка	Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	$t$ , °С	$\tau$ , ч					
Закалка с 1180 °С, 1 ч, вода	700	100	510	930	22	18	24
Нагрев при 1000 °С, 1 ч, воздух		500	490	880	19	17	20
		2000	470	810	18	15	20

## Механические свойства при повышенных температурах [177]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
<i>Нагрев при 1170–1190 °С, охл. в воде или на воздухе; старение при 800 °С, выдержка 8–10 ч, воздух</i>				
20	600	1000	15	15
300	550	810	13	26
400	540	780	12	23
500	–	700	12	23
600	500	640	9	23
700	430	520	8	32
800	280	380	8	17
900	–	250	7	18
1000	–	160	6	21
<i>Нагрев при 1180 °С, выдержка 1 ч, вода; нагрев при 1000 °С, выдержка 1 ч, воздух</i>				
20	480	940	30	28
600	360	640	16	24

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 510 \text{ МПа}$  при  $n = 10^7$  после термообработки: нагрев при 1170–1190 °С, охл. в воде или на воздухе; старение при 800 °С, выдержка 8–10 ч, воздух;  $\sigma_b = 1000 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{0,2} = 600 \text{ МПа}$ .

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [94]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа	$\tau, \text{ч}$
500	240	0,2/100	600	320	1000
600	230		700	180	
700	155		800	84	
			600		10000
800	80		700	250	
650	130		800	110	
650	120	0,2/1000		50	
650	80	0,2/10000	800	Св. 137* <sup>1</sup>	75

\*<sup>1</sup> Данные по ГОСТ 5949–75.

## Технологические свойства [177]

Температураковки, °С: начала 1160, конца 1000.

### Сталь 08X17H13M2T

Заменитель – сталь ЮХ17Н13М2Т.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 7350–77, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 19904–90. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–77.

Назначение – сварные конструкции, крепежные детали, работающие в средах повышенной агрессивности при 600 °С. Сталь коррозионностойкая аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Mo	S	P	Cu
не более							не более		
0,08	0,8	2,0	16,0-18,0	12,0-14,0	5 · C-0,7	2,0-3,0	0,020	0,035	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Термообработка	Сече- ние, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %
			не менее			
ГОСТ 5949-75	Пруток. Закалка с 1050-1100 °С на воздухе, в масле или в воде	60	196	490	40	50
ГОСТ 7350-77	Лист горячекатаный и холоднокатаный. Закалка с 1030-1080 °С в воде или на воздухе (образцы поперечные)	Св. 4	196	509	40	-

### Технологические свойства [50]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 850. Охлаждение в штабелях на воздухе.

Свариваемость – сталь хорошо сваривается ручной и автоматической электродуговой и газозлектрической сваркой. Для ручной сварки рекомендуют использовать электроды ЭА-400/10У и НЖ-13, обеспечивающие стойкость сварных соединений к межкристаллитной коррозии. Для автоматической сварки используют проволоку Св-04Х19Н11 и Св-06Х19Н10М3Т в сочетании с флюсами АН-26, АНФ-14, АНФ-6.

### Сталь 10Х17Н13М2Т

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949-75, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77. Лист толстый ГОСТ 7350-77, ГОСТ 19903-74, ГОСТ 19904-90. Лист тонкий ГОСТ 5582-75. Лента ГОСТ 4986-79. Полоса ГОСТ 4405-75, ГОСТ 103-76. Проволока ГОСТ 18143-72. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 25054-81, ГОСТ 1133-71. Трубы ГОСТ 9940-81, ГОСТ 9941-81, ГОСТ 11068-81.

Назначение – сварные конструкции, работающие в средах повышенной агрессивности, предназначенные для длительных сроков службы при 600 °С. Сталь коррозионностойкая аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Mo	Cu	S	P
не более							не более		
0,10	0,8	2,0	16,0-18,0	12,0-14,0	5 · C-0,7	2,0-3,0	0,30	0,020	0,035

## Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки, термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
			не менее			
ГОСТ 5949-75	Пруток. Закалка с 1050-1100 °С на воздухе, в масле или в воде	60	215	510	40	55
ГОСТ 7350-77	Лист горячекатаный и холоднокатаный. Закалка с 1030-1080 °С в воде или на воздухе	Св. 4	236	530	37	-
ГОСТ 5582-75		До 3,9	-	530	38	-
ГОСТ 25054-81	Поковка. Закалка с 1050-1100 °С в воде или на воздухе	До 1000	196	510	35	45
ГОСТ 9940-81	Труба бесшовная: горячедеформированная без термообработки	3,5-32	-	529	35	-
ГОСТ 9941-81	холодно- и теплodeформированная термообработанная	0,2-22	-	529	35	-

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 850. Сечения до 300 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость – без ограничений ручной и автоматической электродуговой и газoeлектрической сваркой. Для РДС рекомендуют использовать электроды ЭА-400/10У и НЖ-13, обеспечивающие стойкость сварных соединений к межкристаллитной коррозии. Для автоматической сварки рекомендуется использовать проволоку Св-04Х18Н11 и Св-06Х19Н10М3Т в сочетании с флюсами АН-26, АНФ-14, АНФ.

## Сталь 31Х19Н9МВБТ

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949-75, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 4405-75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71.

Назначение – роторы, диски, болты, крепежные детали, валы, работающие при 600 °С. Сталь жаропрочная аустенитного класса.

## Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	W	Mo	Nb	Cu	S	P
не более											
0,28-0,35	≤0,8	0,8-1,5	18,0-20,0	8,0-10,0	0,2-0,5	1,0-1,5	1,0-1,5	0,2-0,5	0,30	0,020	0,035

## Механические свойства прутка сечением 60 мм (ГОСТ 5949-75)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
	не менее			
Закалка с 1140-1180 °С в воде; старение при 750-800 °С, 15 ч, воздух	295	590	30	40

**Механические свойства при 20 °С в зависимости от тепловой выдержки [180]**

Состояние стали	Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	
	$t$ , °С	$\tau$ , ч						
Диск диаметром 900 мм.	600	6000	790	370	32	44	60	
Образцы радиальные	600	20000	830	410	27	35	40	
	600	60000	860	410	19	19	24	
	650	6000	610	330	28	33	38	
	650	30000	860	430	17	17	14	
	700	1000	790	370	20	36	46	
	700	6000	810	330	16	—	12	
	750	6000	660	310	—	—	12	
	750	20000	470	320	—	—	6	
	750	40000	530	350	—	—	5	
	750	60000	430	370	3	14	6	
	800	1000	780	350	23	26	22	
	800	6000	610	340	—	—	12	
	Пруток. Закалка с 1150 °С в воде	650	10000	950	450	22	48	80

Примечание. Дополнительные данные — сталь азотируется по двухступенчатому режиму: нагрев до 650 °С, выдержка в среде 35 ч + нагрев до 700 °С, выдержка 35 ч.

**Механические свойства при испытании на длительную прочность**

$t_{исп.}$ , °С	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}$ , °С	Предел длительной прочности, МПа*1	$\tau$ , ч
600	Св. 108	1/100000	600	Св. 235	10000
650	Св. 78	1/100000		Св. 216	100000
600	147–186	1/100000	650	Св. 167	10000
700	42	1/100000		Св. 147	10000

\*1 Данные по ГОСТ 5949–75.

**Механические свойства при повышенных температурах**

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Пруток, диск. Закалка с 1150–1180 °С в воде; старение при 700 °С, выдержка 50 ч [180]</i>					
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	—
<i>Диск, ротор. Закалка с 1150–1180 °С в воде; старение при 750 °С, выдержка 12–15 ч (образцы тангенциальные) [180]</i>					
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	39–167
700	235–255	340–420	17–29	25–53	39–127
<i>Пруток, диск. Закалка с 1150–1180 °С в воде; старение при 800 °С, 15 ч, охл. на воздухе [180]</i>					
20	320–390	730–820	31–44	40–49	93
600	245	480	20	46	108
650	235	430	24	55	108
<i>Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм, кованный и отожженный [81].</i>					

## Продолжение

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм, кованный и отожженный [81]. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с					
800	275	315	33	68	—
900	205	215	28	67	—
1000	115	125	45	85	—
1100	66	80	54	90	—
1200	41	49	59	94	—

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1230, конца 900, охлаждение на воздухе.

Свариваемость — трудносвариваемая. Способ сварки — РДС. Для снятия сварочных напряжений рекомендуется термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,3$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,6$  в термообработанном состоянии  $HV 175$  и  $\sigma_b = 590$  МПа.

## Жаростойкость [180]

Среда	$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$	Глубина коррозии, мм/год	Группа стойкости или балл
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

## Сталь 10X14Г14Н4Т

Заменитель — стали 20X13H4Г9, 12X18H9Т, 12X18H10Т, 08X18H10Т.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 7350–77. Лист тонкий ГОСТ 5582–75. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение — для изготовления разнообразного сварного оборудования, работающего в средах химических производств слабой агрессивности, криогенной техники до –253 °С, а также для использования в качестве жаростойкого и жаропрочного материала до 700 °С. Сталь коррозионноустойчивая аустенитного класса.

## Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не более						не более		
0,10	0,8	13,0–15,0	13,0–15,0	2,8–4,5	5;(0–0,02)–0,6	0,020	0,035	0,30

## Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
			не менее			
ГОСТ 5949–75	Пруток. Закалка с 1000–1080 °С в масле, воде или на воздухе	60	245	640	35	50
ГОСТ 7350–77	Лист горячекатаный и холоднока-	Св. 4	245	588	40	—

Продолжение

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
			не менее			
ГОСТ 7350-77	Лист горячекатаный и холоднокатаный. Закалка с 1050-1080 °С в воде или на воздухе (образцы поперечные)	Св. 4	245	588	40	-
ГОСТ 5582-75		До 3,9	290	690	35	-

**Механические свойства при повышенных температурах [170]**

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Лист толщиной 12 мм. Закалка с 1050 °С в воде</i>					
20	270	730	52	72	250
400	130	460	53	67	-
500	110	390	38	63	-
600	90	270	39	62	-
700	80	220	48	63	-
<i>Лист толщиной 16 мм. Закалка с 1050 °С в воде</i>					
800	100	160	44	62	330
900	90	100	66	67	330
1000	-	50	64	85	270
1100	-	20	49	74	190
1200	-	15	68	60	180

**Механические свойства при испытании на длительную прочность [170, 82]**

$t_{исп.}$ , °С	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}$ , °С	Предел длительной прочности, МПа	$\tau$ , ч
600	160	1/1000	600	265-274	100
700	50		700	176-196	1000
600	100	1/10000	700	147-167	100
700	28			88-108	1000

**Механические свойства в зависимости от степени холодной пластической деформации [170, 28]**

Степень деформации, %	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Лист толщиной 3 мм. Закалка с 1050 °С в воде; деформация обжатием</i>					
Исх. сост.	270	730	52	-	-
20	900	1050	15	-	-
40	1170	1200	10	-	-
60	-	1500	2	-	-
<i>Пластина 12×30×220 мм из листа; деформация растяжением</i>					
Исх. сост.	230	820	59	64	294
0,5	250	810	64	65	283
10	400	850	57	65	225
20	630	910	46	64	169

**Ударная вязкость КСУ [139]**

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
	-60	-100
Закалка с 1050 °С в воде	343	314



### Технологические свойства (82)

Температураковки, °С: начала 1150, конца 850.

Свариваемость — сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. Для ручной дуговой сварки применяются электроды типа ЭА-1, ЭА-1А, ЭА-1БА. Автоматическая сварка производится под флюсом АН-26 [170].

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Жаростойкость [170]

Среда	t, °С	Глубина, мм/год	Группа стойкости или балл
Воздух	700	0,1	5
	800	0,35	6

### Коррозионная стойкость [164]

Среда	Температура, °С	Глубина коррозии, мм/год
10 % HNO <sub>3</sub>	80	0,0291
50 % HNO <sub>3</sub>	t <sub>кип</sub>	2,5227
10 % -ная уксусная кислота	t <sub>кип</sub>	0,7501

## Сталь 14X17H2

Заменитель — сталь 20X17H2.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949-75, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77, ГОСТ 18907-73. Лист толстый ГОСТ 7350-77. Лист тонкий ГОСТ 5582-75. Полоса ГОСТ 4405-75, ГОСТ 103-76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71.

Назначение — рабочие лопатки, диски, валы, втулки, фланцы, крепежные и другие детали, детали компрессорных машин, работающие на нитрозном газе, детали, работающие в агрессивных средах и при пониженных температурах. Сталь коррозионностойкая, жаропрочная мартенситно-ферритного класса.

### Температура критических точек, °С [136]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
720	830	700

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Ti	Cu
	не более				не более			
0,11-0,17	0,8	0,8	16,0-18,0	1,5-2,5	0,025	0,030	0,2	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB, не более
			не менее					
ГОСТ 5949-75	Пруток. Закалка с 975-1040 °С в масле, отпуск при 275-350 °С охл. на воздухе	60	835	1080	10	30	49	-
			635	835	16	55	75	-
ГОСТ 7350-77	Лист горячекатаный или холоднокатаный. Закалка с 960-1050 °С в аоде или на воздухе; отпуск при 275-350 °С, охл. на воздухе (образцы поперечные)	Об- разцы	882	1078	10	-	-	-
ГОСТ 25054-81	Поковка. Закалка с 980-1020 °С в масле; отпуск при 680-700 °С, охл. на воздухе	До 1000	637	784	12	30	49	248-293
[83]	Поковка. Закалка с 1010-1030 °С в масле; двойной отпуск при 665-675 °С с печью или на воздухе	До 100	540	690	15	40	59	228-269

### Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [180]

$t_{отп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
300	930-950	1260-1280	16	59-61	78-95	400-444
400	980-1050	1290-1330	16-17	60-62	61-68	388-444
500	970-1000	1110-1200	14-15	60	54-98	363-386

Примечание. Пруток. Отжиг при 760-780 °С, 2 ч, охл. с печью; закалка с 950-975 °С, 1 ч в масле.

### Механические свойства при повышенных температурах [180]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Пруток. Отжиг при 760-780 °С, 2 ч, охл. с печью. Закалка с 950-975 °С, 1 ч в масле; отпуск при 600 °С, 3-6 ч; при 20 °С твердость HB 269-302</i>					
20	680-710	860-880	19-22	60-63	118-147
300	620-640	720	16	65-67	-
400	580-590	670-680	14-15	63-64	-
500	510	550-570	17-18	68-70	-
550	430	460	20	81	-
<i>Поковка дисков диаметром 700 мм и высотой 30-80 мм. Отжиг с двумя переохлаждениями: при 200-230 и 140-180 °С; закалка с 960-980 °С в масле; отпуск при 640-670 °С (образцы тангенциальные); при 20 °С твердость HB 285</i>					
20	680-690	870-890	16	52-55	90-101
200	630-650	780	12-15	47-53	93-108
300	610-630	730-760	11-13	50-53	108-132
400	600-630	730-750	11-12	45	98-117
500	500-540	560-610	15	54-56	108-122
600	280-310	330-340	28-30	83-84	127

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Деформированное состояние. Скорость деформирования 2,5 мм/мин [81]</i>					
700	—	215	58	90	—
800	—	145	70	92	—
900	—	98	75	88	—
1000	—	59	80	90	—
1100	—	29	80	90	—
1200	—	20	80	88	—
1250	—	20	68	80	—

### Ударная вязкость КСУ [128]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, $^\circ\text{C}$			
	+20	-20	-40	-60
Лист толщиной 10 мм. Образцы:				
поперечные	56	51	49	47
продольные	71	53	53	52

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 451 \text{ МПа}$ ,  $n = 10^7$  [81].

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [81, 82]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа	$\tau, \text{ч}$
450	274	2/100	400	608–686	1000
				588–666	2000
			450	617	200

### Технологические свойства [81]

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1250, конца 900. Сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — трудносвариваемая. Способ сварки РДС, АрДС. Сварные соединения в зоне термического влияния обладают пониженной стойкостью к МКК и общей коррозии, поэтому после сварки необходим отпуск при 680–700  $^\circ\text{C}$  в течение 30–60 мин.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v \text{ тв.спл}} = 0,4$  и  $K_{v \text{ б.ст}} = 0,3$  в закаленном и отпущенном состоянии при НВ 330.

Склонность к отпускной хрупкости — склонна [82].

### Коррозионная стойкость

Среда	$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$	Глубина коррозии, мм/год
Вода дистиллированная	300	50	0,08
Пар-воздух	100	100	0,005

### Жаростойкость [81]

Среда	$t, ^\circ\text{C}$	Глубина, мм/год	Группа стойкости или балл
Воздух	900	0,904	Пониженностойкая Малостойкая
	1000	2,010	

## Сталь 12Х18Н9

Заменитель – стали 20Х13Н4Г9, 12Х17Г9АН4, 10Х14Г14Н4Т.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 18907–73. Лист толстый ГОСТ 7350–77. Лист тонкий ГОСТ 5582–75. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Проволока ГОСТ 18143–72. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 25054–81. Трубы ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81, ГОСТ 14162–79.

Назначение – холоднокатаный лист и лента повышенной прочности для различных деталей и конструкций, свариваемых точечной сваркой, а также для изготовления труб и других деталей. Сталь коррозионностойкая и жаростойкая аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Ti	Cu
не более					не более			
0,12	0,8	2,0	17,0–19,0	8,0–10,0	0,020	0,035	0,5	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> (δ <sub>4</sub> ), %
			не менее		
ГОСТ 5949–75	Пруток. Закалка с 1050–1100 °С на воздухе, в масле или в воде	60	196	490	45
ГОСТ 18907–73	Пруток шлифованный, обработанный на заданную прочность	1–30	–	640–880	20
ГОСТ 7350–77 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный и холоднокатаный: закалка с 1050–1120 °С в воде (или водяным душем)	Св. 4	216	530	38
ГОСТ 5582–75 (образцы поперечные)	закалка с 1050–1080 °С в воде или на воздухе	До 3,9	–	540	38
ГОСТ 25054–81	Лист нагартованный	До 3,9	–	930–1230	13
ГОСТ 4986–79	Поковка. Закалка с 1050–1100 °С в воде	До 1000	196	490	35
	Лента холоднокатаная: закалка с 1050–1080 °С в воде или на воздухе	–	–	540	(35)
	полунагартованная	–	–	800	(15)
	нагартованная	0,2–2	–	1000	(5)
	высоконагартованная	–	–	1150	(3)
ГОСТ 9940–81	Труба бесшовная: горячедеформированная без термообработки	3,5–32	–	529	40
ГОСТ 9941–81	холодно- и теплodeформированная термообработанная	0,2–22	–	549	37

### Механические свойства при повышенных температурах [94]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0.2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Пруток. Закалка с 1080 °С на воздухе</i>					
20	230	560	46	66	220
200	180	450	36	68	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
<i>Образец диаметром 10 мм и длиной 50 мм, прокатанный. Скорость деформирования 1,1 мм/мин; скорость деформации 0,0004 1/с [81]</i>					
700	—	210	47	76	—
800	—	120	57	70	—
900	—	68	65	66	—
1000	—	38	56	60	—
1100	—	30	64	59	—
1200	—	16	45	71	—

### Механические свойства в зависимости от степени пластической деформации \*1 [153]

Степень обжатия, %	$\sigma_{0.2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	Степень обжатия, %	$\sigma_{0.2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$
0	215	590	72	20	390	730	41
5	255	630	64	25	430	770	32
10	305	670	55	30	430	800	20
15	355	710	47				

\*1 Деформация растяжением.

### Ударная вязкость КСУ [28]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	-20	-40	-78
Прутки диаметром 20 мм. Закалка с 1150 °С в воде	330	314	307
Прутки диаметром 22 мм. Закалка с 1100 °С; $\sigma_b = 670 \text{ МПа}$ , $\sigma_{0.2} = 245 \text{ МПа}$	333	—	333
—	183	—	165

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 490 \text{ МПа}$  при  $n = 79 \cdot 10^{-6}$  и  $\sigma_b = 1450 \text{ МПа}$  [2].

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [3]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа	$\tau, \text{ч}$
540	118	1/10000	704	127	10
650	48		815	66	
			704	98	100
			815	43	

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850. Сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — без ограничений.

## Коррозионная стойкость [43]

Среда	t, °C	τ, ч	Глубина коррозии, мм/год
Вода	20	—	0,1
Воздух влажный + HCl	20	3288	0,075
Морская вода	80	142	0,008

### Сталь 17X18H9

Заменитель — сталь 20X и 13H4Г9.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 18907–73. Лист толстый ГОСТ 7350–77. Лист тонкий ГОСТ 5582–75. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Проволока ГОСТ 18143–72. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71. Трубы ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81.

Назначение — холоднокатаный лист и лента повышенной прочности для различных деталей и конструкций, свариваемых точечной сваркой, а также для изделий, подвергаемых точечной сварке. Сталь коррозионностойкая аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Ti	Cu
	не более				не более			
0,13–0,21	0,8	2,0	17,0–19,0	8,0–10,0	0,020	0,035	0,5	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> (δ <sub>4</sub> ), %
			не менее	
ГОСТ 5949–75	Пруток. Закалка с 1050–1100 °C на воздухе, в масле, в воде	60	570	40
ГОСТ 18907–73	Пруток шлифованный, обработанный на заданную прочность	1–30	590–880	20
	Пруток нагартованный	До 5 Св. 5	930 880	— —
ГОСТ 7350–77 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный или холоднокатаный: закалка 1080–1120 °C в воде	Св. 4	588	35
	закалка 1050–1100 °C в воде или на воздухе		590	35
ГОСТ 5582–75 (образцы поперечные)	Лист нагартованный	До 3,9	980–1220	13
	Лист полунагартованный		730–980	18
ГОСТ 4986–79	Лента холоднокатаная: закалка с 1050–1080 °C в воде или на воздухе	До 0,2 0,2–2,0	580 580	(17) (34)
	полунагартованная	До 0,2 0,2–2,0	800 800	(8) (15)
	нагартованная	До 0,2 0,2–2,0	1000 1000	(3) (5)
	высоконагартованная	До 0,2 0,2–2,0	1150 1150	(2) (3)

Продолжение

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5 (\delta_4)$ , %
			не менее	
ГОСТ 18143-72	Проволока:	0,2-1,0	590-880	20
	термообработанная			
ГОСТ 9940-81	нагартоанная	3,5-32	568	40
	Труба бесшовная горячедеформированная без термообработки			
ГОСТ 9941-81	Труба холодно- и теплodeформированная термообработанная	0,2-22	568	35

**Механические свойства при повышенных температурах [15]**

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
20	380	830	45	51
600	350	580	33	55
700	210	410	33	52
800	190	255	34	64
900	-	150	45	81
1000	-	47	53	86

Примечание. Закалка с 1100 °С.

**Механические свойства в зависимости от степени пластической деформации [170]**

Степень деформации, %	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5 (\delta_4)$ , %	Степень деформации, %	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5 (\delta_4)$ , %
0	500	830	67	40	1140	1230	21
10	750	950	45	50	1220	1300	18
20	900	1050	38	60	1280	1350	17
30	1030	1150	25	70	1350	1400	12

**Ударная вязкость прутков КСУ [28]**

Термообработка	Сечение, мм	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
		+20	-40	-80
Закалка с 1100 °С в воде	25	294	-	294
Закалка с 1150 °С в воде	20	349	387	362
Закалка с 1150 °С в воде; $\sigma_{0,2} = 260$ МПа, $\sigma_b = 710$ МПа	22	304	267	245

**Технологические свойства [81]**

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850. Сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе.

**Коррозионная стойкость**

Среда	$t$ , °С	Глубина коррозии, мм/год
0,5-99%-ный раствор HNO <sub>3</sub>	20	0,1

## Сталь 08X18H10

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77, ГОСТ 18907–73. Лист толстый ГОСТ 7350–77. Лист тонкий ГОСТ 5582–75. Лента ГОСТ 4986–79. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Проволока ГОСТ 18143–72. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 25054–81. Трубы ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81.

Назначение – трубы, детали печной арматуры, теплообменники, муфели, роторы, патрубki, коллекторы выхлопных систем, электроды искровых зажигательных свечей, сварные аппараты и сосуды химического машиностроения, работающие при температуре от –196 до 600 °С в средах средней активности. Сталь коррозионноустойчивая и жаропрочная аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Ti	Cu
не более					не более			
0,8	0,8	0,2	17,0–19,0	9,0–11,0	0,020	0,035	0,5	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> (δ <sub>4</sub> ), %	ψ, %
			не менее			
ГОСТ 5949–75	Пруток. Закалка с 1020–1100 °С на воздухе, в масле или в воде	60	196	470	40	55
ГОСТ 18907–73	Пруток шлифованный, обработанный на заданную прочность	1–30	–	640–780	20	–
ГОСТ 7350–77 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный и холоднокатаный; закалка с 1050–1120 °С в воде или на воздухе	Св. 4	206	509	43	–
ГОСТ 25054–81	Поковка. Закалка с 1050–1100 °С в воде или на воздухе	До 1000	196	470	40	45
ГОСТ 4986–79	Лента холоднокатаная; закалка с 1050–1080 °С в воде или на воздухе	0,2–2,0	–	540	(40)	–
ГОСТ 18143–72	Проволока:					
	термообработанная	0,2–1,0	–	590–880	20	–
	нагартованная		–	1080	–	–

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [82]

Предел длительной прочности, МПа	Длительность испытания, ч	Температура испытания, °С
39	10000	704
18	10000	815



## Механические свойства при повышенных температурах [82]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0.2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
20	210	570	60	70
400	110	410	46	69
480	98	380	45	69
540	96	360	44	70
600	82	330	39	58
650	76	290	37	44
700	74	235	35	36
750	73	185	31	28
800	69	150	30	18

Примечание. Закалка с 1000–1120 °С в воде.

## Ударная вязкость КСУ [28]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-40	-78
Холоднокатаное	75–93	78–93	71–75
Горячекатаное	187–206	183–301	184–302

## Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850. Сечения до 300 мм охлаждаются в штабелях на воздухе.

Свариваемость – без ограничений. Способ сварки: РДС – электроды ОЗЛ-8, ОЗЛ-12 на проволоке 02Х19Н9, КТС, ЭШС. Рекомендуется последующая термообработка [82].

## Коррозионная стойкость

Среда	$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$	Глубина коррозии, мм/год
Вода, пар	600	–	0,1
Морская вода	20	–	0,1
5 % раствор $\text{H}_2\text{SO}_4$	20	384	0,6

## Сталь 12Х18Н9Т

Заменитель – стали 10Х14Г14Н4Т, 12Х17Г9АН4, 12Х18Н10Т.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный прутки ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный прутки и серебрянка ГОСТ 5949–75, ГОСТ 14955–77, ГОСТ 18907–73. Лист толстый ГОСТ 7350–77. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Проволока ГОСТ 18143–72. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71, ГОСТ 25054–81.

Назначение – сварная аппаратура, трубы, детали печной аппаратуры, теплообменники, муфели, детали выхлопных систем, листовые и сортовые детали; аппараты и сосуды, работающие при температуре от –196 до 600 °С под давлением, а при наличии агрессивных сред до 350 °С. Сталь коррозионностойкая, жаростойкая, аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не более						не более		
0,12	0,8	2,0	17,0-19,0	8,0-9,5	5 · С-0,8	0,020	0,035	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
			не менее			
ГОСТ 5949-75	Пруток. Закалка с 1020-1100 °С на воздухе, в масле или в воде	60	196	540	40	55
ГОСТ 18907-73	Пруток шлифованный, обработанный на заданную прочность	1-30	-	540-880	20	-
	Пруток нагартованный	До 5	-	935	-	-
ГОСТ 7350-77 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный или холоднокатаный; закалка с 1030-1080 °С в воде или на воздухе	Св. 4	216	530	38	-
ГОСТ 25054-81	Поковка. Закалка с 1050-1100 °С на воздухе или в воде	До 1000	216	510	35	40
ГОСТ 18143-72	Проволока: термообработанная нагартованная	1-6	-	540-880 1080	20 -	- -

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

$t_{исп.}$ , °С	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}$ , °С	Предел длительной прочности, МПа	$\tau$ , ч
600	74-78	1/100000	550	186-235	10000
			600	132-167	
			550	137-196	100000
			600	98-127	

### Ударная вязкость КСУ прутков сечением 18-25 мм [170]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
	+20	-70
Закалка с 1050 °С в воде; $\sigma_B = 620$ МПа, $\sigma_{0,2} = 280$ МПа	250	250

### Предел выносливости

$\sigma_{-1}$ , МПа	$\tau_{-1}$ , МПа	$n$
279	-	10 <sup>7</sup> [81]
196-235	132	- [86]

### Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
Пруток диаметром 18-25 мм. Закалка с 1050 °С в воде [170]				
20	280	620	41	63
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

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
<i>Образец диаметром 10 мм, длиной 50 мм, прокатанный.</i>				
<i>Скорость деформирования 20 мм/мин;</i>				
<i>скорость деформации 0,007 1/с [81]</i>				
800	155	200	27	57
900	110	120	41	90
1000	58	66	50	95
1100	35	38	66	99
1200	22	26	79	100
<i>Лист толщиной 2 мм. Нагревка со степенью холодной</i>				
<i>пластической деформации 60 % [170]</i>				
20	1290	1330	10	—
300	970	1080	6	—
500	780	870	10	—
700	360	420	29	—

### Механические свойства листа в зависимости от степени пластической деформации [170]

Степень обжатия, %	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$
0	280–400	550–650	40–50
30	900	950	12
70	1150	1250	3

Примечание. Закалка с 1050 °С в воде.

### Чувствительность к охрупчиванию при старении [81]

Время, ч	Температура, °С	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	<i>Исходное состояние</i>	
10000	500	186
20000	550	220
10000	600	215

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850. Сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС электродами ЦЛ-11, ЦТ-15 (обеспечивающие коррозионную стойкость), ЦТ-26 (используемый как жаропрочный без требований по МКК), ЭШС. Рекомендуется последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_{y, \text{тв.спл}} = 0,85$  и  $K_{y, \text{б.ст}} = 0,35$  в закаленном состоянии при  $HV 169$  и  $\sigma_b = 610 \text{ МПа}$ .

### Жаростойкость [81]

Среда	Температура, °С	Глубина, мм/год	Группа стойкости или балл
Перегретый пар	600	0,0018	2
Воздух	650	0,0022	2
Воздух	750	0,013	4

## Сталь 12X18H10T

Заменитель — стали 08X18Г8Н2Т, 10X14Г14Н4Т, 12X17Г9АН4, 08X22Н6Т, 08X17Т, 15X25Т, 12X18Н9Т.

Вид поставки — сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949-75, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77, ГОСТ 18907-73. Лист толстый ГОСТ 7350-77. Лист тонкий ГОСТ 5582-75. Лента ГОСТ 4986-79. Проволока ГОСТ 18143-72. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 25054-81, ГОСТ 1133-71. Трубы ГОСТ 9940-72, ГОСТ 9941-72, ГОСТ 14162-79.

Назначение — детали, работающие до 600 °С; сварные аппараты и сосуды, работающие в разбавленных растворах азотной, уксусной, фосфорной кислот, растворах щелочей и солей и другие детали, работающие под давлением при температуре от -196 до +600 °С, а при наличии агрессивных сред — до +350 °С. Сталь коррозионностойкая аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

С	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не более						не более		
0,12	0,8	2,0	17,0-19,0	9,0-11,0	5 · С-0,8	0,020	0,035	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %
			не менее			
ГОСТ 5949-75	Пруток. Закалка с 1020-1100 °С на воздухе, в масле или в воде	60	196	510	40	55
ГОСТ 18907-73	Пруток шлифованный, обработанный на заданную прочность	—	—	590-830	20	—
ГОСТ 7350-77 (образцы поперечные)	Пруток нагартованный Лист горячекатаный и холоднокатаный: закалка с 1000-1080 °С в воде или на воздухе	До 5	—	930	—	—
ГОСТ 5582-75 (образцы поперечные)	закалка с 1050-1080 °С в воде или на воздухе	Св. 4	236	530	38	—
ГОСТ 25054-81	нагартованный Поковка. Закалка с 1050-1100 °С в воде или на воздухе	До 3,9	205	530	40	—
ГОСТ 18143-72	Проволока термообработанная	До 3,9	—	880-1080	10	—
ГОСТ 9940-81	Труба бесшовная горячедеформированная без термообработки	До 1000	196	510	35	40
		1,0-6,0	—	540-880	20	—
		3,5-32	—	529	40	—

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

t <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	225-315	550-650	46-74	66-80	215-372
500	135-205	390-440	30-42	60-70	196-353
550	135-205	380-450	31-41	61-68	215-353
600	120-205	340-410	28-38	51-74	196-358
650	120-195	270-390	27-37	52-73	245-353
700	120-195	265-360	20-38	40-70	255-353

Примечание. Закалка с 1050-1100 °С на воздухе.

## Механические свойства при испытании на длительную прочность (ГОСТ 5949-75)

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел ползучести, МПа, не менее	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа, не менее	$\tau, \text{ч}$
600	74	1/100000	600	147	10000
650	29-39		650	78-98	

### Ударная вязкость КСУ [28]

Состояние поставки	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, $^\circ\text{C}$		
	+20	-40	-75
Полоса 8x40 мм	286	303	319

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 279$  МПа при  $n = 10^7$ .

### Чувствительность к охрупчиванию при старении [81]

Время, ч	Температура, $^\circ\text{C}$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
Исх. сост.	Исх. сост.	274
5000	600	186-206
5000	650	176-196

### Технологические свойства [81]

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1200, конца 850. Сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость – сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС (электроды ЦТ-26), ЭШС и КТС. Рекомендуется последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,85$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,35$  в закаленном состоянии при  $HV 169$  и  $\sigma_b = 610$  МПа.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

### Жаростойкость [154]

Среда	Температура, $^\circ\text{C}$	Группа стойкости или балл
Воздух	650	2-3
	750	4-5

По жаростойкости близка к стали 12X18H9T.

## Сталь 08X18H10T

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949-75, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 2879-88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77, ГОСТ 18907-73. Лист толстый ГОСТ 7350-77, ГОСТ 19903-74, ГОСТ 19904-90. Лист тонкий ГОСТ 5582-75. Лента ГОСТ 4986-79. Полоса ГОСТ 4405-75, ГОСТ 103-76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71, ГОСТ 25054-81. Трубы ГОСТ 9940-81, ГОСТ 9941-81, ГОСТ 11068-81, ГОСТ 10498-82, ГОСТ 14162-79.

Назначение – сварная аппаратура, работающая в средах повышенной агрессивности (растворах азотной, уксусной кислот, растворах щелочей и солей), теплообменники, муфели, трубы, детали печной арматуры, электроды искровых зажигательных свечей. Сталь коррозионностойкая и жаростойкая аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не более						не более		
0,08	0,8	2,0	17,0-19,0	9,0-11,0	5,0-0,7	0,020	0,035	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
			не менее			
ГОСТ 5949-75	Пруток. Закалка с 1020-1100 °С на воздухе, в масле или в воде	60	196	490	40	55
ГОСТ 18907-73	Пруток шлифованный, обработанный на заданную прочность	1-30	-	590-830	20	-
ГОСТ 7350-77 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный и холоднокатаный: закалка с 1000-1080 °С в воде или на воздухе	Св. 4	206	509	43	-
ГОСТ 5582-75 (образцы поперечные)	закалка с 1050-1080 °С в воде или на воздухе	До 3,9	-	520	40	-
ГОСТ 25054-81	Поковка. Закалка с 1050-1100 °С в воде или на воздухе	1000	196	490	35	40
ГОСТ 9940-81	Труба бесшовная горячедеформированная без термообработки	3,5-32	-	510	40	-

### Ударная вязкость прутков сечением 12 мм [42]

Термообработка	$KCV$ , Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
	+20	-25
Закалка с 1050 °С в воде	216/187	181/147

Примечание. В числителе —  $KCV$ ; в знаменателе —  $KCT$ .

### Механические свойства при повышенных температурах [127]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>
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	390	25	61	353
700	160	270	26	59	333

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [11]

$t_{исп}$ , °С	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп}$ , °С	Предел длительной прочности, МПа	$\tau$ , ч
600	74	1/100000	600	147	10000
650	29-39		650	108	100000
			650	78-98	10000

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1220, конца 900. Сечения до 300 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость — способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, АрДС, КТС и ЭШС.

По коррозионной стойкости и жаростойкости сталь близка к стали марки 12Х18Н10Т.

### Сталь 12Х18Н12Т

Заменитель – стали 12Х18Н9, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78, ГОСТ 7417–75. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 7350–77, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 19904–90. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133–71. Трубы ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81, ГОСТ 14162–79.

Назначение – различные детали, работающие при температуре от –196 до 600 °С в агрессивных средах. Сталь коррозионноустойчивая, жаростойкая и жаропрочная аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не более						не более		
0,12	0,8	2,0	17,0–19,0	11,0–13,0	5,С–0,7	0,020	0,035	0,30

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
			не менее			
ГОСТ 5949–75	Пруток. Закалка с 1020–1100 °С на воздухе, в масле или в воде	60	195	540	40	55
ГОСТ 7350–77 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный и холоднокатаный. Закалка с 1000–1080 °С в воде или на воздухе Труба бесшовная:	Св. 4	236	530	38	–
ГОСТ 9940–81	горячедеформированная без термообработки	3,5–32	–	529	40	–
ГОСТ 9941–81	холодно- и теплodeформированная термообработанная	0,2–22	–	549	35	–

### Механические свойства при повышенных температурах [82]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
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

Примечание. Закалка с 1050–1100 °С на воздухе.

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [82]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа	$\tau, \text{ч}$
600	74-78	1/100000	600	132-167	10000
			700	53-71	
			600	98-127	100000
			700	34-44	

### Предел выносливости [82]

Образец	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$	$n$
Гладкий	270	$10^7$
С надрезом	113	$10^7$

Примечание.  $\sigma_b = 630 \text{ МПа}$ . Надрез кольцевой с  $R = 0,2 \text{ мм}$ , углом  $60^\circ$  и высотой надреза  $1,75 \text{ мм}$ .

### Чувствительность к охрупчиванию при старении [81]

Время, ч	Температура, $^\circ\text{C}$		КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	Исходное состояние		
10000	600		294
	650		206
	700		216-225
	750		206-235
3000	750		225

### Технологические свойства [82]

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1200, конца 850. Сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе.

Свариваемость – способы сварки: РДС электродами ЦТ-15-1 для корневого шва, ЦТ-15 для последующих слоев; ЦТ-26 для тех случаев, когда нет требований к стойкости против МКК, КТС и ЭШС. Рекомендуется последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, \text{ТВ.СПЛ}} = 0,85$  и  $K_{v, \text{Б.СТ}} = 0,35$  в закаленном состоянии при  $HV 170$  и  $\sigma_b = 470 \text{ МПа}$ .

## Сталь 08X18Г8Н2Т

Заменитель – сталь 12X18Н9Т.

Вид поставки – лист толстый ГОСТ 7350-77. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 25054-81.

Назначение – для изготовления сварной аппаратуры, работающей в окислительных средах при температуре эксплуатации от  $-50$  до  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ . Сталь коррозионно-стойкая аустенитно-ферритного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	S	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
						не более		
0,08	0,8	7,0-9,0	17,0-19,0	1,8-2,8	0,20-0,50	0,025	0,035	0,30



## Механические свойства листа (ГОСТ 7350-77)

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
		не менее			
Закалка с 980-1020 °С в воде (образцы поперечные)	Св. 4	343	588	20	59

### Механические свойства при повышенных температурах [170]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
800	80	90	45	65
900	40	50	45	70
1000	15	20	60	80
1100	5	10	70	85
1200	—	—	80	90

Примечание. Закалка с 1000 °С в воде.

### Механические свойства в зависимости от температуры и времени старения [41]

$t_{стар}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость НВ
<i>Закалка с 1000 °С; выдержка при старении 1 ч</i>					
300	415	820	32	50	—
400	410	800	31	50	—
500	390	790	32	52	—
600	380	780	28	57	—
700	390	780	28	57	—
<i>Закалка с 1000 °С; выдержка при старении 100 ч</i>					
300	410	810	32	49	200-210
400	450	850	27	48	240-260
500	410	760	29	48	230-240
600	370	780	24	38	285-325
700	510	810	10	12	325

### Ударная вязкость КСУ, [76]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	-20	-40	-50	-60
Закалка с 980-1020 °С	176	167	150	111	71

### Механические свойства в зависимости от степени пластической деформации [170]

Степень деформации, %	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
0	390	650	22
5	660	780	19
10	700	820	16
30	780	880	6
50	1080	1100	3

Примечание. Закалка с 1000 °С в воде.

### Технологические свойства [170]

Температураковки, °С: начала 1150, конца 810.

Свариваемость — без ограничений. Сталь хорошо сваривается РДС и АДС. Для ручной сварки рекомендуются электроды ЦЛ-11 (Св-08Х19Н10В); для автомати-

ческой сварки используют проволоку из сталей 08Х19Н10Б или 08Х20Н9Г7Т в сочетании с флюсом АН-26.

### Коррозионная стойкость [170]

Среда	Температура, °С	Глубина коррозии, мм/год
58%-раствор HNO <sub>3</sub>	80	0,154

### Сталь 20Х20Н14С2

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист тонкий ГОСТ 5582–75, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 19904–90. Полоса ГОСТ 4405–75, ГОСТ 103–76. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 1133–71.

Назначение – печные конвейеры, ящики для цементации и другие детали термических печей. Сталь жаропрочная аустенитно-ферритного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Cu	Ti
не более					не более			
0,20	1,5	2,0–3,0	19,0–22,0	12,0–15,0	0,025	0,035	0,30	0,2

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %
			не менее			
ГОСТ 5949–75	Пруток. Закалка с 1000–1150 °С на воздухе, в масле или в воде	60	295	590	35	55
ГОСТ 5582–75 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный или холоднокатаный. Закалка с 1000–1080 °С на воздухе или в воде	До 3,9	–	590	40	–

### Механические свойства при повышенных температурах

t <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %
<i>Закалка с 1100 °С в воде [162]</i>				
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
<i>Нагрев при 1150 °С, охл. в воде [81]</i>				
20	343–392	630	53	73
100	110	305	36	34
750	110	265	35	34
800	98	225	42	41
850	69	155	58	47
900	39	110	74	58
950	29	88	75	55

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	Температура испытания, °С
9,8	1/10000	875
1,4		1000

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1170, конца 850. Сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе.

## Сталь 08Х22Н6Т

Заменитель – стали 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77. Лист толстый ГОСТ 7350–77, ГОСТ 19903–74, ГОСТ 19904–90. Лист тонкий ГОСТ 5582–75. Полоса ГОСТ 103–76, ГОСТ 4405–75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 25054–81. Трубы ГОСТ 9940–81, ГОСТ 9941–81, ГОСТ 11068–81.

Назначение – сварные аппараты и сосуды, камеры горения и другие конструктивные элементы газовых турбин, корпуса аппаратов, днища, фланцы, детали внутренних устройств аппаратов, трубные диски и пучки, работающие при температуре от –10 до +300 °С под давлением и соприкасающиеся с коррозионными средами. Сталь коррозионноустойчивая аустенитно-ферритного класса.

## Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не более						не более		
0,08	0,8	0,8	21,0–23,0	5,3–6,3	5,С–0,65	0,025	0,035	0,30

## Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	не менее				
			$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
ГОСТ 5949–75	Пруток. Закалка с 950–1050 °С на воздухе или в воде	60	345	590	20	45	–
ГОСТ 7350–77 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный и холоднокатаный:						
ГОСТ 5582–75 (образцы поперечные)	закалка с 1000–1050 °С в воде	Св. 4	340	588	18	–	59
	закалка с 950–1050 °С в воде или на воздухе	До 3,9	–	640	20	–	–
ГОСТ 25054–81	Поковка. Закалка с 1000–1050 °С в воде	До 1000	343	539	18	35	60

## Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0.2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
20	370	960	22	51
200	295–350	540–590	30–35	–
300	245–295	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

Примечание. Закалка с 980–1020 °С в воде [180].

## Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки [46]

Термообработка	Тепловая выдержка		$\sigma_{0.2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, $\text{Дж/см}^2$
	$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$					
Закалка с 1100 °С, выдержка 30 мин	Исх. сост.	Исх. сост.	460	620	46	65	280–300
	300	1000	490	650	41	70	190–200
		4466	520	710	44	73	100
	350	1000	540	650	39	74	8–9
	400	1000	470	920	21	29	3–5
		4352	880	1040	11	9	1–3

## Ударная вязкость КСД листа сечением 8 мм [28]

Термообработка	КСД, $\text{Дж/см}^2$ , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Нормализация при 980 °С, выдержка 30 мин	131	22–120	9–116	5–136

## Технологические свойства [170]

Температураковки, °С: начала 1150, конца 850.

Свариваемость – без ограничений. Способы сварки: АДС и РДС. Для ручной электродуговой сварки рекомендуется применять электроды ЦЛ-11 с присадочной проволокой Св-08Х19Н10Б. Аналогичную проволоку используют и для аргоно-дуговой и электродуговой автоматической сварки. Для электродуговой автоматической сварки применяют флюс АН-26. Термообработка после сварки не требуется.

Обрабатываемость резанием – близка к обрабатываемости сталей 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т.

Склонность к отпускной хрупкости – при нагреве в интервале 350–750 °С в ферритной составляющей стали протекают процессы, связанные с 475-град. хрупкостью (350–500 °С) и выделением  $\sigma$ -фазы (500–750 °С), которые снижают ударную вязкость и пластичность.

## Сталь 12Х25Н16Г7АР

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949–75, ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88, ГОСТ 2879–88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417–75, ГОСТ 8559–75, ГОСТ 8560–78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955–77.

Лист толстый ГОСТ 7350-77. Лист тонкий ГОСТ 5582-75. Лента ГОСТ 4986-79. Полоса ГОСТ 4405-75, ГОСТ 103-76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71.

Назначение — лист, проволока, трубы, лента, детали, работающие до 950 °С при умеренных напряжениях. Сталь жаростойкая, жаропрочная аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	B	Cu	N
не более					не более				
0,12	1,0	5,0-7,0	23,0-26,0	15,0-18,0	0,02	0,035	0,010	0,30	0,30-0,45

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сече- ние, мм	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %
			не менее			
ГОСТ 5949-75	Пруток. Закалка с 1050-1150 °С на воздухе	60	325	690	40	45
ГОСТ 7350-77 (образцы поперечные)	Лист горячекатаный или холоднокатаный: закалка с 1050-1150 °С в воде или на воздухе	4-25	392	736	50	-
ГОСТ 5582-75 (образцы поперечные)	закалка с 1050-1100 °С в воде или на воздухе	До 3,9	-	Н. б. 980	35	-
ГОСТ 4986-79	Лента холоднокатаная. Закалка с 1050-1100 °С в воде или на воздухе	До 0,2 0,2-2,0	-	700 700	(15) (30)	-
-	Лист. Закалка с 1100 °С на воздухе	5-25	390	730	50	60

### Механические свойства при повышенных температурах

t <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 1050-1150 °С на воздухе (ГОСТ 5949-75)</i>					
900	-	176	Н. м. 15	Н. м. 20	-
<i>Листы. Закалка с 1050-1100 °С в воде или на воздухе (ГОСТ 5582-75)</i>					
900	-	Н. м. 176	Н. м. 30	-	-
<i>Пруток. Закалка с 1150 °С на воздухе, выдержка 40 мин [180]</i>					
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 испытании на длительную прочность [180]

t <sub>исп.</sub> , °С	Предел пол- зучести, МПа	Скорость пол- зучести, %/ч	t <sub>исп.</sub> , °С	Предел длительной прочности, МПа	τ, ч
750	54	1/1000	800	Св. 98 * <sup>1</sup>	100
800	34		800	49	1000
900	15	1/1000	900	Св. 49 * <sup>1</sup>	50
			900	Св. 39 * <sup>1</sup>	100
			900	23	1000
			900	11	10000

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа	$\tau, \text{ч}$
			1000	19	100
				8	1000
				3,5	10000

\*1 Данные ГОСТ 5949-75.

### Технологические свойства

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1170, конца 950. Охлаждение на воздухе.  
Свариваемость – сталь сваривается всеми видами сварки [94].

### Жаростойкость [94]

Температура, $^\circ\text{C}$	Длительность испытания, ч	Увеличение массы, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Потери массы, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$
900	100	0,11	0,29
1000	100	0,34	1,2
1100	100	0,46	1,46
1200	100	0,60	2,12

### Сплав 06ХН28МДТ

Заменитель – сплав 03ХН28МДТ.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 5949-75, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955-77. Лист толстый ГОСТ 7350-77, ГОСТ 19903-74, ГОСТ 19904-90. Лист тонкий ГОСТ 5582-75, ГОСТ 19903-74, ГОСТ 19904-90. Лента ГОСТ 4986-79. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 4405-75. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71, ГОСТ 25054-81. Трубы ГОСТ 9941-81, ГОСТ 11068-81.

Назначение – сварные конструкции, работающие при температурах до  $80^\circ\text{C}$  в серной кислоте различных концентраций, за исключением 55 %-ной уксусной и фосфорной кислот.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Mo	S	P	Cu
не более							не более		
0,06	0,8	0,8	22,0-25,0	26,0-29,0	0,5-0,9	2,5-3,0	0,020	0,035	2,5-3,5

### Механические свойства

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU_{1,2}$
			не менее				
ГОСТ 5582-75 (образец поперечный)	Лист горячекатаный и холоднокатаный. Закалка с $1050-1080^\circ\text{C}$ в воде или на воздухе	До 3,9	-	540	35	-	-

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
			не менее				
ГОСТ 4986-79	Лента: холоднокатаная после закалки с 930- 1050 °С в воде или на воздухе	До 0,2	-	560	(13)	-	-
		0,2-2,0	-	560	(25)	-	-
ГОСТ 25054-81	Поковка. Закалка с 1050-1100 °С в воде или на воздухе	До 1000	216	510	30	30	-
ГОСТ 9941-81	Труба бесшовная холо- дно- и теплodeфор- мированная термо- обработанная	0,2-22	-	490	30	-	-
ТУ 14-1-2214-77	Заготовка трубная: закалка с 1100- 1150 °С на воздухе, в масле или в воде закалка с 1050- 1080 °С в воде	80	195	490	45	70	-
		-	245	540	35	50	98

### Механические свойства при повышенных температурах [170]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Лист толщиной 12 мм. Закалка с 1050 °С в воде</i>					
20	270	620	55	78	350
200	210	550	45	75	350
400	180	550	50	60	350
600	150	500	45	60	350
<i>Лист толщиной 16 мм. Закалка с 1080 °С в воде</i>					
800	180	250	40	45	110
900	150	180	30	40	120
1000	90	100	25	40	100
1100	-	50	35	40	100

### Механические свойства в зависимости от степени пластической деформации [170]

Степень деформации, %	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
0	230	600	23	62
10	710	750	20	42
20	750	810	15	42
40	930	950	10	40
60	1080	1100	3	-
80	-	1200	2	-

Примечание. Закалка с 1050 °С в воде.

### Технологические свойства [170]

Температураковки, °С: начала 1170, конца 900.

Свариваемость - способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой.

Обрабатываемость резанием - обрабатывается удовлетворительно.

## Сплав ХН35ВТ

Назначение — диски, роторы, крепежные детали, плоские пружины и другие детали, работающие до 650 °С. Жаропрочный сплав на никелевой основе.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	W	S	P	Cu	Mo
не более	0,6						1,0-2,0	14,0-16,0	34,0-38,0	1,1-1,5

### Механические свойства

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
		не менее					
Закалка с 1080-1100 °С в воде.	До 125	390	730	15	35	560	217-269
Старение при 850 °С, 10 ч, охл. на воздухе	До 250	390	730	15	25	560	217-269
Старение при 700 °С, 25-50 ч, охл. с печью до 200-300 °С	Образцы тангенциальные до 250	390	730	13	20	490	217-269

### Механические свойства при повышенных температурах [180]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Сортовой прокат диаметром 45-90 мм. Закалка с 1090 °С, 1 ч в воде; старение при 850 °С, 10 ч;</i>					
<i>старение при 700 °С, 25-40 ч, охл. на воздухе или с печью</i>					
20	430-620	780-850	18-30	30-55	78-176
200	430-470	720-760	20,5	37-42	137-157
300	430-470	710-740	16-21	30-43	88-157
400	430-470	700-740	19-22	35-45	98-157
500	410-470	670-740	15-23	23-53	88-167
600	390-500	630-710	15-25	30-48	64-137
700	360-440	450-490	9-31	11-48	98-157
<i>Поковка дисков диаметром 450-1000 мм, высотой 180-275 мм.</i>					
<i>Закалка с 1090 °С в воде, 1 ч; старение при 850 °С, 10 ч;</i>					
<i>старение при 700 °С, 25-40 ч, охл. с печью (образцы тангенциальные)</i>					
20	390-640	710-980	13-31	14-50	39-167
600	370-470	530-710	10-21	15-42	44-118
650	350-460	490-670	7,5-19	14-37	39-127
<i>Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм, ковальный.</i>					
<i>Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,0091/с [81]</i>					
900	180	185	28	49	—
1000	98	105	67	90	—
1100	56	60	84	96	—
1200	30	40	90	96	—

### Ударная вязкость КСУ в зависимости от температуры испытания [180]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С									
	-100	-80	-60	-40	-20	0	20	100	200	650
Закалка с 1090 °С в воде 1,5 ч; старение при 850 °С, 10 ч; старение при 700 °С, 20 ч; старение при 660 °С, 30 ч; твердость НВ 207-228 (образцы тангенциальные)	137-167	118-147	127-157	127-137	118-176	117-147	69-108	69-98	108-118	78-108

Примечание. Диск диаметром 1000 мм, высотой 275 мм.



## Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа	$\tau, \text{ч}$
650	166	1/10000	600	255–304	10000
	127–137	1/100000		200–255	100000
700	108	1/10000	650	196	10000
	78	1/100000		157	100000
			700	137	10000
				98	100000

## Технологические свойства [81]

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала 1170, конца 850, охлаждение на воздухе. Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки – РДС, электроды КТИ-762. Для снятия сварочных напряжений рекомендуется последующая термообработка.

Обработываемость резанием –  $K_{у\text{ тв.спл}} = 0,30$  и  $K_{у\text{ б.ст}} = 0,15$  в термообработанном состоянии при  $HV\ 269$  и  $\sigma_{в} = 951$  МПа.

## Жаростойкость [180]

Среда	Температура, $^\circ\text{C}$	Глубина, мм/год	Группа стойкости или балл
Воздух	800	0,038	4
	750	0,012	4
	650	0,005	3

## Сплав ХН35ВТЮ

Назначение – рабочие лопатки газотурбинных и других двигателей, работающие при температуре до 700–800  $^\circ\text{C}$ , компрессорные лопатки, работающие до 700–800  $^\circ\text{C}$ , диски, дефлекторы, кольца, работающие при температуре до 750  $^\circ\text{C}$ . Жаропрочный сплав на железоникелевой основе.

## Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Al	W	S	P	V	Cu	Mo
не более								не более				
0,08	0,6	0,6	14,0–16,0	33,0–37,0	2,4–3,2	0,7–1,4	2,8–3,5	0,02	0,03	0,02	0,25	0,3

## Механические свойства

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_{в}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>
		не менее				
Закалка с 1180–1200 $^\circ\text{C}$ на воздухе 2,5–8 ч + закалка с 1040–1060 $^\circ\text{C}$ на воздухе 4 ч; старение при 750–800 $^\circ\text{C}$ на воздухе 16 ч	32–55	640	930	6	8	29

## Твердость стали после термообработки [81]

Термообработка	Твердость HV
Прутки диаметром 45–90 мм. Закалка с 1190 $^\circ\text{C}$ на воздухе 2,5–8 ч; закалка с 1050 $^\circ\text{C}$ на воздухе 4 ч; старение при 750–800 $^\circ\text{C}$ на воздухе 16 ч	302–354

## Механические свойства в зависимости от температуры испытания [81]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0.2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Пруток диаметром 45–90 мм. Закалка с 1190 °С на воздухе 2,5–8 ч;</i>					
<i>закалка с 1050 °С на воздухе 4 ч; старение при 750–800 °С на воздухе 16 ч</i>					
20	690–900	880–1310	7–22	10–25	24–83
400	690–810	880–1160	11–12	12–16	–
500	690–830	880–1130	5–16	6–24	–
600	680–810	880–1080	12–14	12–18	–
700	690–810	720–950	5–15	8–23	54–59
800	590–690	670–730	13–15	22–28	49–59
850	320–340	350–370	19–21	46–48	–
900	200–235	205–245	20–23	50–60	–
<i>Пруток диаметром 45–90 мм. Закалка с 1150–1160 °С на воздухе 6–10 ч;</i>					
<i>закалка с 1050 °С на воздухе 4 ч; старение при 830 °С на воздухе 16 ч</i>					
20	600–823	1030–1220	11–22	14–29	34–69
550	590–755	980–1030	12–16	17–28	59–64
600	590–755	980	13	26	59
700	590–774	720–900	6–15	10–23	54–59
<i>Пруток диаметром 45 мм. Закалка с 1180 °С на воздухе 5 ч;</i>					
<i>четырёхступенчатое старение: при 1000 °С, 4 ч; при 900 °С, 8 ч;</i>					
<i>при 850 °С, 15 ч; при 740 °С, 20 ч, охл. на воздухе [180]</i>					
20	780	1210	16	23	20
400	690	1030	8	14	29
500	630	970	8	18	39
600	660	940	9	24	34
700	590–640	730–780	11–15	18–25	49
800	400	440	23	31	–
<i>Диск диаметром 540–725 мм, высотой 115–175 мм.</i>					
<i>Закалка с 1150–1160 °С на воздухе 6–10 ч; старение при 830 °С, 16 ч,</i>					
<i>охл. на воздухе (образцы тангенциальные) [180]</i>					
20	590–710	1090–1170	16–20	19–32	54–73
450	–	940–1060	12–17	19–29	–
550	–	940–1010	12–16	26–32	–
700	590–680	740–810	16–18	22	–
750	590–670	660–710	9–15	18–22	–
<i>Закалка с 1050 °С на воздухе 8 ч;</i>					
<i>старение при 750 °С, 16 ч, охл. на воздухе [16]</i>					
20	710–720	1210–1220	24–32	44	146–165
–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
<i>Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм, кованный и прессованный.</i>					
<i>Скорость деформирования 16 мм/мин;</i>					
<i>скорость деформации 0,009 1/с [81]</i>					
800	610	630	7	12	–
900	220	220	43	92	–
1000	99	105	82	100	–
1100	50	55	81	100	–
1200	34	37	26	40	–

## Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки [180]

Тепловая выдержка		$\sigma_{0.2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
$t$ , ч	$t$ , °С						
1000	700	740	1090	9	9	34	310
6000		660	930	5	5	12	300
100	750	670	1080	10	10	26	300
6000		660	850	4	4	12	310
10000		550	830	5	6	—	280

Примечание. Закалка с 1180 °С на воздухе 5 ч; четырехступенчатое старение: при 1000 °С, 4 ч; при 900 °С, 8 ч; при 850 °С, 15 ч; при 750 °С, 20 ч.

### Предел выносливости

$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
304	10 <sup>7</sup> [82]
392	10 <sup>7</sup> [16]

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [82]

$t_{исп.}$ , °С	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}$ , °С	Предел длительной прочности, МПа	$t$ , ч
700	245	2/1000	550	539–617	10000
	176	1/100000	600	412–441	
800	127	2/1000	700	216–255	
	98	1/100000	750	155–225	

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1110, конца 900. Сечение до 450 мм охлаждается на воздухе.

Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки: РДС электродами ЦТ-22. Для снятия сварочных напряжений рекомендуется последующая термообработка.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,15$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,10$  в термообработанном состоянии при НВ 340–364 и  $\sigma_b = 930$  МПа.

## Сплав ХН70Ю

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 12766.4–90. Лист тонкий ГОСТ 24982–81. Проволока ГОСТ 12766.1–90.

Назначение – различные детали, работающие при умеренных напряжениях при 1100–1200 °С (может применяться для нагревательных элементов сопротивления).

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Al	Fe	S	P	Ba	Ce	Cu
не более			26,0–29,0	2,8–3,5	1,0	0,012	0,015	0,10	0,03	0,07
0,10	0,8	0,3								

## Механические свойства листа в зависимости от температуры испытания

Источник	Термообработка	Сече- ние, мм	$t$ , °C	не менее			
				$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ ( $\delta_4$ ), %	
ГОСТ 24982-81 (образцы поперечные) [89]	Закалка с 1100-1150 °C в воде (водяным душем) или на воздухе Закалка 1100 °C на воздухе	До 3,9	20	—	Н. б.	(30)	
			900	—	980		
		—	20	480	100	(25)	
		200	490	880	35		
		300	370	880	37		
		500	360	760	37		
		700	320	730	35		
		900	170	480	37		
		1000	—	225	38		
		1100	—	145	50		
				88	61		

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [6]

$t_{исп.}$ , °C	Предел пол- зучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}$ , °C	Предел длительной прочности, МПа	$\tau$ , ч
900	25	5/100	800	88-98	100
			900	34-39	100
			800	78	300

### Технологические свойства [85]

Температураковки, °C: начала 1200, конца 1100; охлаждение на воздухе. Свариваемость — ограниченно свариваемая. Требуется подбор специальных режимов, в сварном соединении имеет высокую прочность.

## Сплав ХН70ВМЮТ

Назначение — крепежные и другие детали, работающие при температуре до 750-800 °C. Жаропрочный сплав на никелевой основе.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Si	Mn	Cr	Ti	Al	W	Mo	Fe	S	P	B	Cu
	не более							не более				
0,10-0,16	0,6	0,5	14,0-16,0	1,0-1,4	1,7-2,2	4,0-6,0	3,0-5,0	3,9	0,012	0,015	0,01	0,07

### Механические свойства [81]

Термообработка	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$K_{CU}$ , Дж/см <sup>2</sup>
		не менее				
Закалка с 1150 °C в масле, 3 ч; старение при 800 °C, 20 ч, охл. на воздухе	32-55	590	980	20	25	59

Твердость сплава после термообработки (пруток, закалка 1150 °C в масле, старение при 800 °C, 20 ч) — *HV* 277-302.

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0.2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Пруток. Закалка с 1150 °С в масле; старение при 800 °С, 20 ч</i>					
20	610–710	1010–1130	28–32	30–34	88
500	630	1000	27	23–34	88
600	590	980	25	18–23	88
700	570–630	870–920	22	27–36	88
800	490–560	560	19	46–52	98
850	390	400–440	21	57	108
900	270	295	31	70	–
1000	69	78	58	76–82	–
<i>Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм, коеаный.</i>					
<i>Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с</i>					
700	800	910	11	17	–
800	700	710	25	60	–
900	265	280	55	85	–
1000	160	170	60	90	–
1100	64	67	68	83	–
1200	42	55	44	67	–

### Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки [181]

Тепловая выдержка		$\sigma_{0.2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
$\tau, \text{ч}$	$t, ^\circ\text{C}$						
3000	600	750–820	1160–1230	24–27	28–34	54–73	277–311
8000		840–860	1250–1270	20–23	24–29	42–57	315
1000	700	730	1170	21	33	58	300
20000		700	1150	17	19	178	290
1000	800	580–650	890–1120	10–25	21–32	54–69	250–293
8000		600–680	1080–1130	28–35	27–42	39–49	270

Примечание. Закалка с 1150 °С в масле, 3 ч. Старение при 800 °С, 20 ч, охл. на воздухе.

### Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки и температуры испытания

Тепловая выдержка		$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0.2}, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
$\tau, \text{ч}$	$t, ^\circ\text{C}$					
3000	600	600	670	1020	24	27
1000	700	700	670	1020	19	23
20000	700	700	600	930	19	24
1000	800	800	550	760	29	39

Примечание. Закалка с 1150 °С, 3 ч в масле. Старение при 800 °С, 20 ч, охл. на воздухе.

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	Предел длительной прочности, МПа	$\tau, \text{ч}$
700	265	1/10000	700	255	10000
800	108		800	88	
700	196	1/100000	700	186	100000
800	78		800	49	

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 412 \text{ МПа}$ ,  $n = 10^7$  [82].

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 900. Сечение до 220 мм охлаждается на воздухе.

Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки – РДС. Для снятия сварочных напряжений рекомендуется последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием –  $K_{\nu \text{ ТВ,СПЛ}} = 0,2$  и  $K_{\nu \text{ б.ст}} = 0,1$  в термообработанном состоянии при  $HV 202$  и  $\sigma_b = 813$  МПа.

### Жаростойкость [82]

Среда	Температура, °С	Глубина, мм/год	Группа стойкости или балл
Воздух	750	0,001–0,005	2

### Коррозионная стойкость [82]

Среда	Температура, °С	Глубина, мм/год
Воздух	700	0,0011
	750	0,0028
	800	0,005–0,01

### Сплав ХН70ВМТЮФ

Назначение – тяжелонагруженные детали, работающие при температуре 850 °С.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ti	Al	W
не более			13,0–16,0	1,7–2,2	2,4–2,9	5,0–7,0
0,12	0,6	0,5				
Mo	V	Fe	S	P	B	Cl
не более			5,0	0,009	0,015	0,015
2,5–4,0	0,2–1,0	0,02				

### Механические свойства при повышенных температурах

$t_{\text{исп.}}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 1210 °С на воздухе 2 ч; закалка с 1050 °С на воздухе 4 ч; старение при 800 °С на воздухе, 16 ч [85]</i>					
20	710	1030	10	12	20
500	660	960	25	30	–
600	660	970	22	28	–
700	630	960	12	15	–
800	570	830	10	15	–
900	390	580	15	20	–
950	505	410	18	25	–
<i>Закалка с 1180 °С на воздухе 6 ч; старение ступенчатое: при 1000 °С, 8 ч, охл. в печи до 900 °С, выдержка 8 ч, охл. на воздухе; старение с 850 °С, 16 ч, охл. на воздухе [181]</i>					
20	580–630	1030–1120	15–22	16–25	29–39
650	500	930	22	28	–
700	510–590	930–1030	15–23	13–27	29
750	530	840	20	25	–
800	500–560	710–790	12–17	12–25	–
650	180	600	13	23	–

## Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки [181]

Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
$\tau$ , ч	$t$ , °С						
Без выдержки	Без выдержки	590	1030	15	16	34	280
5000	600	710	980	12	14	10	290
10000	700	660	1080	10	8	20	295
1000	800	590	1040	17	17	34	280
10000	800	540	950	15	13	26	285
3000	900	490	840	17	17	29	240

Примечание. Закалка с 1180 °С на воздухе 6 ч; старение ступенчатое: при 1000 °С 4 ч, охл. в печи до 900 °С, выдержка 8 ч, охл. на воздухе; старение при 850 °С, 16 ч, на воздухе.

## Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки и температуры испытания

Тепловая выдержка		$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
$\tau$ , ч	$t$ , °С						
5000	600	600	660	1010	16	17	—
10000	700	700	490	920	17	18	38
1000	600	800	480	710	15	18	73
10000	800		420	670	15	17	54
3000	900		450	710	12	14	—

Примечание. Закалка с 1180 °С на воздухе 6 ч; старение ступенчатое: при 1000 °С 4 ч, охл. в печи до 900 °С, выдержка 8 ч, охл. на воздухе; старение при 850 °С, 16 ч, на воздухе.

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [181, 177]

Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп}$ , °С	Предел длительной прочности, МПа
490	1/100	700	568–657
397	1/1000		343–392
274	1/100	800	235–255
34	5/10000	700	147–176

## Механические свойства в зависимости от температур

$\tau$ , ч	$t_{исп}$ , °С	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
100	700	2–5	2–6
	800	2–5	3–6
	850	2–8	3–10
	900	2–10	6–15

## Предел выносливости

$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$ [181]
372	10 <sup>7</sup>
417	10 <sup>7</sup>

## Технологические свойства [85]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 1060; охлаждение на воздухе.  
Свариваемость – трудносвариваемая.

### Коррозионная стойкость [45]

Среда	$t, ^\circ\text{C}$	Длительность испытания, ч	Глубина, мм/год
Воздух	800	10000	0,003
	850		0,018
	900		0,042

### Сплав ХН77ТЮР

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ТУ 14-1-402–72, ТУ 14-1-75–71, ТУ 14-1-223–73. Калиброванный пруткок ТУ 14-1-2480–78. Лист тонкий ТУ 14-1-1747–76. Лента ТУ 14-1-927–74. Поковки и кованные заготовки ТУ 14-1-1214–75, ТУ 14-1-1465–75, ТУ 14-1-1530–75. Трубы ТУ 14-1-895–74.

Назначение – диски, кольца, лопатки и другие детали, работающие до  $750^\circ\text{C}$ . Жаропрочный сплав на никелевой основе.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

C	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Fe	S	P	V	Ce	Pb	Cu
не более						не более						
0,07	0,6	0,40	19,0–22,0	2,4–2,8	0,6–1,0	1,0	0,007	0,015	0,01	0,02	0,01	0,07

### Механические свойства

Состояние поставки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_{10}$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
Пруток. Закалка с $1080^\circ\text{C}$ на воздухе 8 ч	315	730	43	265
То же + старение при $700^\circ\text{C}$ , 16 ч	730	1080	32	137
Лист. Закалка с $1080^\circ\text{C}$ на воздухе 3 мин	350	730–780	50	–
То же + старение при $750^\circ\text{C}$ , 5 ч	–	1080	30	118
Закалка с $1080^\circ\text{C}$ на воздухе 8 ч; старение при $700^\circ\text{C}$ на воздухе 16 ч	640	980	$\delta = 20$	49

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{\text{исп}}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с <math>1080^\circ\text{C}</math> на воздухе; старение при <math>750^\circ\text{C}</math>, 16 ч</i>					
20	650	900–1070	11–24	10–21	29–49
500	570	880	22–29	19–27	49–69
600	540	860	30–33	30–32	49–59
700	520	820	25–29	27–32	49
800	460	520	15–16	25–30	88
<i>Образец диаметром 5 мм, длиной 25 мм, кованный и нормализованный. Скорость деформирования 1,1 мм/мин; скорость деформации 0,0007 1/с</i>					
800	–	600	24	23	–
900	–	380	26	28	–
1000	–	110	80	95	–
1100	–	48	153	100	–
1200	–	34	134	100	–



## Механические свойства при 20 °С в зависимости от тепловой выдержки [181]

Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
$\tau$ , ч	$t$ , °С						
Без выдержки	Без выдержки	650	900–1070	11–24	10–21	27–45	269–285
1000	600	750	900	6–7	5–10	12–14	295–302
5000	600	770	900	3–4	5–7	15	295–313
1000	650	750	1060	13–17	12–19	12–15	285
5000	650	760	1140	17–21	19–21	30–34	302
1000	700	730	1080	15–24	14–23	24–38	285–295
5000	700	670	1180	20–23	19–25	40–51	285–302
5000	750	490	1000	28–30	32–34	72–77	263–269

Примечание. Закалка с 1080 °С на воздухе 8 ч; старение при 750 °С на воздухе 16 ч.

## Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки и температуры испытания [181]

Тепловая выдержка		$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КС, Дж/см <sup>2</sup>
$\tau$ , ч	$t$ , °С						
1000	600	600	670	930	23–25	21–28	26–29
5000			670	870	11–12	12–16	–
1000	650	650	660	960	21–23	21–25	35–38
5000			650	930	12–18	14–19	54–56
1000	700	700	610	800	18	21	98
5000			520–590	700–810	15–23	14–30	69
5000	750	750	420	500	9–11	12–14	83

Примечание. Закалка с 1080 °С на воздухе 8 ч; старение при 750 °С на воздухе 16 ч.

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

$t_{исп}$ , °С	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп}$ , °С	Предел длительной прочности, МПа	$\tau$ , ч
650	333	1/10000	600	441	10000
	451	1/1000	700	176–196	
750	196	1/1000	600	549	1000
	147		700	304	

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 363$  МПа,  $n = 10^7$ .

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 900. Сечение до 300 мм охлаждается на воздухе.

Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки – РДС.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, тв.спл} = 0,20$  и  $K_{v, б.ст} = 0,08$  в термообработанном состоянии при НВ 262 и  $\sigma_b = 1060$  МПа.

## Сплав ХН78Т

Заменитель – стали ХН38ВТ, 12Х25Н16Г7АР, 20Х23Н18.

Вид поставки – лист тонкий ГОСТ 24982–81. Поковки и кованные заготовки ГОСТ 25054–81.

Назначение – сортовые детали, трубы, работающие до температуры 1100 °С.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Fe	S	P	Cu
не более					не более				
0,12	0,8	0,7	19,0-22,0	0,15-0,35	0,15	1,0	0,1	0,015	0,07

### Механические свойства в зависимости от температуры испытания

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	Твердость НВ, не более
				не менее				
ГОСТ 25054-81	Поковка. Закалка с 980-1020 °C в воде или на воздухе	1000	20	196	588	25	35	200*1
ГОСТ 24982-81 (образцы поперечные)	Лист. Закалка с 980-1020 °C в воде или на воздухе	До 3,9	20 800	- -	860 175	35 45	- -	- -

\*1 Поверхности.

### Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
<i>Лист. Закалка с 980-1020 °C на воздухе [81]</i>				
20	270	760	40	-
400	245	670	40	-
500	245	610	40	-
600	205	590	40	-
700	185	390	35	-
800	93	180	70	-
900	-	110	90	-
1000	-	64	100	-
1100	-	44	112	-
1200	-	24	130	-
<i>Образец диаметром 10 мм, длиной 50 мм, прокатанный и отпущенный. Скорость деформирования 20 мм/мин; скорость деформации 0,007 1/с [81]</i>				
800	315	380	72	47
900	195	215	45	84
1000	100	110	64	93
1100	76	88	70	97
1200	42	54	92	100

### Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки [181]

Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %
$t$ , °C	$\tau$ , ч			
<i>Лист толщиной 1,3-1,5 мм; закалка с 1200 °C на воздухе</i>				
Без выдержки	Без выдержки	170	600	38
700	3000	170	550	35
800		150	590	38
900	3000	140	550	33
1000		170	510	34
<i>Лист толщиной 1,3-1,5 мм.</i>				
<i>Закалка с 1200 °C на воздухе (образцы поперечные)</i>				
Без выдержки	Без выдержки	170	520	40
700	3000	180	600	39
800		160	550	37
900		150	550	31
1000		180	475	38

## Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

Предел длительной прочности, МПа	Длительность испытания, ч	Температура испытания, °С
103	1/100	700
27-44		800
15-18		900
154	1/1000	550

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 216$  МПа,  $n = 10^7$ .

## Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1220, конца 850. Сечение до 300 мм охлаждается в штабелях на воздухе.

Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки – РДС электродами ЦТ-22

Обработка резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,5$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,3$  в термообработанном состоянии при  $HV 156$  и  $\sigma_b = 710$  МПа.

## Жаростойкость [81]

Среда	Температура, °С	Глубина коррозии, мм/год	Группа стойкости или балл
Воздух	1000	0,332	6
	1100	0,618	Пониженстойкая
	1200	1,082	Малостойкая

## Сплав ХН80ТБЮ

Назначение – крепежные детали, работающие до 700 °С.

## Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Nb	Fe	S	P	Cu
не более							не более			
0,08	0,8	1,0	15,0-18,0	1,8-2,3	0,5-1,0	1,0-1,5	3,0	0,012	0,015	0,07

## Механические свойства при повышенных температурах

$t_{\text{исп.}}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 1100 °С на воздухе 5 ч; старение ступенчатое:</i>					
<i>при 1000 °С, 2 ч, охл. с печью до 900 °С, 1 ч; охл. с печью до 800 °С, 2 ч; охл. на воздухе [181]</i>					
20	640	1030	24-30	28-35	98
500	600	980	26	26	–
600	590	810	11	11	–
650	540	690-730	7-12	10-15	98
700	490	670	7	6	118
<i>Образец диаметром 6 мм, длиной 30 мм, прессованный, закаленный и состаренный. Скорость деформирования 16 мм/мин; скорость деформации 0,009 1/с [81]</i>					
900	–	570	–	97	–
950	–	410	77	96	–
1000	–	295	78	96	–
1100	–	165	84	98	–
1150	–	120	100	100	–

### Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки [181]

Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
$\tau$ , ч	$t$ , °С						
Без выдержки	Без выдержки	640	930	18	22	69	217–255
4000	500	770	1180	22	29	73	–
	600	800	1200	19	23	49	–
10000	700	440	920	33	42	108	–
	20000	700	920	24	32	59	–

Примечание. Закалка с 1100 °С на воздухе 5 ч; старение ступенчатое: при 1000 °С, 2 ч, охл. с печью до 900 °С, 1 ч; охл. с печью до 800 °С, 2 ч, на воздухе; старение при 750 °С на воздухе 20 ч; старение при 650 °С на воздухе 48 ч.

### Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки и температуры испытаний [181]

Тепловая выдержка		$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
$\tau$ , ч	$t$ , °С					
4000	500	500	690	1050	21	31
	600	600	560	850	5	13
10000	700	700	360	590	16	18
20000	700	700	320	570	16	20

Примечание. Закалка с 1100 °С на воздухе 5 ч; старение ступенчатое: при 1000 °С, 2 ч, охл. с печью до 900 °С, 1 ч; охл. с печью до 800 °С, 2 ч; старение при 750 °С на воздухе 20 ч; старение при 650 °С на воздухе 48 ч.

### Механические свойства при испытании на длительную прочность [81]

$t_{исп.}$ , °С	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести, %/ч	$t_{исп.}$ , °С	Предел длительной прочности, МПа	$\tau$ , ч
650	348	1/10000	650	441	1000
700	216		700	274	
650	255	1/100000	650	274	10000
700	147		700	167	

### Технологические свойства [81]

Температураковки, °С: начала 1180, конца 900. Охлаждение на воздухе.

Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки – РДС.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, тв.спл} = 0,20$  и  $K_{v, б.ст} = 0,15$  в термообработанном состоянии при НВ 165 и  $\sigma_b = 730$  МПа.

### Жаростойкость [82]

Среда	Температура, °С	Длительность испытания, ч	Глубина коррозии, мм/год	Группа стойкости или балл
Воздух	700	10000	0,001	1
	800		0,007	3
	850		0,013	4

### Сталь 15X11МФ

Назначение – турбинные лопатки, поковки, бандаж и другие детали для длительной работы до 560 °С.

Температура критической точки  $A_{c3} = 880$  °С.

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Cr	Mo	V	Ni	Cu	Mn	Si	S	P
не более									
0,12-0,19	10-11,5	0,6-0,8	0,25-0,4	0,6	0,3	0,7	0,5	0,025	0,03

### Механические свойства (продольные образцы) при 20 °С в различном сортаменте [94]

Вид продукции	Термообработка	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ, не более
Пруток	Закалка с 1030-1060 °С в масле; отпуск при 700-740 °С, охл. в масле	700	500	15	55	-	-
Сорт* <sup>1</sup>	Нормализация и высокий отпуск	720	680-550	15	50	60	217-241
Поковки* <sup>1</sup>	Нормализация и высокий отпуск	720	680-550	15	50	60	217-241
Заготовки* <sup>1</sup> для лопаток паровых турбин* <sup>2</sup>	Закалка и высокий отпуск	720	680-550	15	50	60	217-255
	отпуск	850	800-730	13	40	40	255-285

\*<sup>1</sup> Категория прочности 55.

\*<sup>2</sup> Категория прочности 70.

### Механические свойства (пруток, продольные образцы) при различных температурах [94]

Термообработка	$t_{исп}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
Закалка с 1080-1100 °С на воздухе, отпуск при 720-740 °С, 2 ч, охл. на воздухе	20	740	550	17	66	150
	400	600	480	15	66	190
	450	550	440	18	61	200
	500	510	420	21	68	210
	550	540	440	16	65	200
	600	450	410	20	78	210
Закалка с 1080-1100 °С на воздухе; отпуск при 670-680 °С, 5 ч, охл. на воздухе	20	850	690	15	55	50
	400	750	640	13	57	140
	450	650	570	15	61	160
	500	590	530	18	69	150
	550	590	530	14	64	130
	600	590	510	17	75	140

### Механические свойства (продольные образцы, нормализация 1050 °С) после различных режимов термической обработки [94]

Отпуск		$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
$t$ , °С	$\tau$ , ч					
650	5	900	770	15	55	55
650	10	880	720	16	60	65
650	25	860	700	16	60	-
675	2	900	800	14	60	50
675	5	850	750	15	62	60
675	10	830	690	15	62	75
675	25	780	650	17	62	100
700	2	860	760	15	60	70
700	5	820	700	16	60	70
700	10	800	690	17	60	85
700	25	750	580	18	62	120

Продолжение

Отпуск		$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
$t$ , °С	$\tau$ , ч					
725	2	800	700	15	60	80
725	5	790	630	15	60	100
725	10	740	600	20	62	130
740	2	740	550	20	86	140
740	5	720	530	21	66	140

**Механические свойства (продольные образцы) при 20 °С в зависимости от тепловой выдержки [94]**

$t$ , °С	$\tau$ , ч	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Нормализация при 1100 °С; отпуск при 740 °С, 2 ч</i>						
—	—	740	580	17	66	150
550	1000	810	610	18	58	70
550	10000	700	600	18	60	60
600	1000	800	660	16	62	95
600	3000	770	620	18	62	95
600	10000	750	560	20	60	75
<i>Нормализация при 1100 °С; отпуск при 675 °С, 5 ч</i>						
Без выдержки	Без выдержки	890	750	16	60	60
550	1000	890	760	15	60	45
550	10000	860	680	16	60	50
600	1000	880	760	15	60	55
600	3000	810	700	15	60	60
600	10000	750	590	17	60	10

**Предел длительной прочности (пруток, продольные образцы)**

Температура, °С	$\sigma_{10000}$	$\sigma_{100000}$	$\sigma_{-1} \cdot 10^{-5}$
550	160	130	90
600	97	—	40

**Технологические свойства**

Температура горячей деформации, °С: начала 1160, конца — выше 900, охлаждение на воздухе.

Свариваемость — удовлетворительная. Сварка производится при подогреве деталей на 300–400 °С. Электроды для сварки марки КТИ-9. Термическая обработка стали до сварки полная, после сварки отпуск при 710–720 °С, выдержка 5 ч, охлаждение с печью.

**Сталь 13X14H3B2ФР (ЭИ736)**

Назначение — высоконагруженные детали, в том числе диски, валы, стяжные болты, лопатки и другие детали, работающие в условиях с повышенной влажностью (ГОСТ 5632–72).

**Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)**

C	Si	Mo	Cr	V	Ni	S	P	Другие элементы
	не более					не более		
0,1–0,16	0,6	0,6	13–15	0,18–0,28	2,8–3,4	0,025	0,03	≤0,05 Ti; 0,004 B; 1,6–2,2 W

### Механические свойства (ГОСТ 5949-75)

Термообработка	$\sigma_v$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
Закалка с 1040–1060 °С на воздухе или в масле + высокий отпуск; отпуск при 640–880 °С, охл. на воздухе	930	735	14	55	88	302
Закалка с 1040–1060 °С на воздухе или в масле + высокий отпуск; отпуск при 540–580 °С, охл. на воздухе	1130	885	12	50	69	

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала – 1180, конца – выше 900, охлаждение на воздухе.

Свариваемость – хорошо сваривается всеми видами сварки.

### Сталь 10Х7МВФБР (ЭИ505)

Вид поставки – трубы, поковки.

Назначение – в энергетическом машиностроении (трубы и детали для длительной работы при температурах 600–620 °С). Сталь мартенситного класса.

### Температура критических точек, °С

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
860	905	435	350

### Химический состав, % (ТУ ЧМТУ/ЦНИИЧМ)

С	Ni	Cr	Mo	Nb	V	B	S	P
						не более		
0,07–0,12	0,5–1,0	6,0–8,0	0,7–1,0	0,15–0,4	0,3–0,5	0,005	0,025	0,025

### Механические свойства при 20 °С [94]

Вид продукции	Термообработка	$\sigma_v$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
Трубная заготовка	Отжиг при 800–830 °С, охл. с печью со скоростью 30 °С/ч	690	610	18	59	53
Трубы	Нормализация при 980–1000 °С, охл. на воздухе; отпуск при 700–730 °С, выдержка 3 ч, охл. на воздухе	690	590	20	65	100

## Механические свойства стали при повышенных температурах [94]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_s, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
<i>Продольные образцы</i>					
20	700	590	24	75	153
565	430	410	22	83	200
585	410	350	22	84	220
620	340	330	28	89	210
<i>Поперечные образцы</i>					
20	690	570	21	67	120
565	410	390	17	77	130
585	380	370	17	81	150
620	310	300	21	86	130

Примечание. Нормализация при 980–1000 °С, отпуск при 720 °С, 3 ч, твердость *HV* 229.

### Механические свойства (продольные образцы) в зависимости от тепловой выдержки [94]

Тепловая выдержка		$\sigma_s, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$	Твердость <i>HV</i>
$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$						
Без выдержки	Без выдержки	700	590	20	70	150	229
565	1000	720	590	17	67	118	217
565	2500	710	590	21	63	78	229
565	5000	690	580	19	65	80	229
565	10000	720	590	21	66	65	229
585	1000	720	590	19	65	70	229
585	2500	700	570	22	66	68	217
585	5000	690	560	19	64	90	207
585	10000	690	560	24	64	110	207
600	1000	720	600	18	62	65	229
600	2500	700	560	19	65	68	217
600	5000	700	580	18	64	57	207
620	1000	690	580	22	72	120	217
620	2500	680	550	23	66	120	217
620	5000	680	560	23	68	100	217
620	10000	690	560	21	68	100	217

Примечание. Нормализация при 1000 °С, 30 мин, охл. на воздухе; отпуск при 720 °С, 3 ч, охл. на воздухе.

### Предел длительной прочности продольных образцов

Вид продукции	$\sigma_{10000}, \text{МПа}, \text{ при температуре, } ^\circ\text{C}$				
	565	585	600	600	700
Трубная заготовка, диаметр 230 мм	158	130	90	47	30
Труба размером 219×27 мм	160	130	110	–	–

Примечание. Нормализация при 1000 °С, 30 мин, охл. на воздухе; отпуск при 720 °С, 3 ч, охл. на воздухе.

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала — 1050–1100, конца — выше 900, охлаждение послековки на воздухе.

Свариваемость — сварку рекомендуется проводить электродами типа ЭП505 с предварительным подогревом до 200 °С по режиму: сила тока 170 А, напряжение на дуге 35 В. Термическая обработка сварных соединений: отпуск при 730–750 °С, выдержка 3 ч, охлаждение на воздухе.



Сопротивление окислению при 670 °С и продолжительность испытания 1000 и 10000 ч составляет соответственно  $4,2 \cdot 10^{-5}$  и  $1,7 \cdot 10^{-5}$  кг/м<sup>2</sup> (по увеличению массы).

### Сталь 18Х11МНФБ (ЭП291)

Вид поставки – сортовой прокат, поковки.

Назначение – высоконагруженные детали, лопатки паровых турбин, детали клапанов, поковки дисков, роторов паровых и газовых турбин, трубы, крепежные детали для длительной работы при температурах до 620 °С.

Сталь мартенситного класса.

Температуры критических точек:  $A_{c1} = 850$  °С,  $A_{c3} = 930$  °С.

#### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

С	Мп	Cr	Ni	Mo	V	Nb	Si	S	P
	не более						не более		
0,15–0,21	0,6–1,0	10–11,5	0,5–1,0	0,8–1,1	0,2–0,4	0,2–0,45	0,8	0,025	0,035

#### Механические свойства (ГОСТ 5949–75)

Термообработка	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 1080–1130 °С на воздухе или в масле + отпуск при 600 °С, охл. в масле	735	590	15	50	59

#### Механические свойства при повышенных температурах (для продольных образцов) [94]

Термообработка	$t_{исп}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %
Нормализация при 1100–1140 °С + отпуск при 750 °С, 10 ч	20	570	730	16
	550	430	440	17
	600	360	380	19

### Сталь 13Х12Н2В2МФ (ЭИ961)

Вид поставки – сортовой прокат, поковки.

Назначение – диски компрессоров, молотки и другие нагруженные детали, длительно работающие при температурах до 600 °С. Сталь мартенситного класса.

#### Химический состав, % (ГОСТ 5632 – 72)

С	Мп	Cr	Ni	Mo	V	W	Si	S	P
	не более						не более		
0,10–0,16	0,6	10,5–12,0	1,5–1,8	0,35–0,5	0,18–0,30	1,6–2,0	0,8	0,025	0,035

## Механические свойства (ГОСТ 5949–75)

Термообработка	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 1000–1020 °С в масле или на воздухе + отпуск при 660–710 °С, охл. на воздухе	890	735	15	55	89
Закалка с 1000–1020 °С в масле или на воздухе + отпуск при 540–590 °С, охл. на воздухе	1080	930	13	55	89

### Механические свойства стали при повышенных температурах [94]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	1250	1050	15	55	80
300	1100	970	14	55	110
400	1050	870	14	56	110
450	1000	810	14	57	110
500	900	730	14	60	110
550	800	500	15	60	110
600* <sup>1</sup>	600	490	15	70	120
625* <sup>2</sup>	540	440	17	74	120
650* <sup>3</sup>	460	400	20	78	120

\*<sup>1</sup> Отпуск при 630 °С.

\*<sup>2</sup> Отпуск при 640 °С.

\*<sup>3</sup> Отпуск при 680 °С.

Пр и м е ч а н и е. Закалка с 1000 °С в масле, отпуск при 560–580 °С.

### Пределы длительной прочности, ползучести и выносливости [94]

$t$ , °С	$\sigma_{100}$ , МПа	$\sigma_{0,2/100}$ , МПа	$\sigma_{-1}$ (10 <sup>7</sup> циклов), МПа
20	—	—	510
400	850	—	—
450	730	580	500
500	630	300	460
550	440	200	430
600	270	150	300
625	250	—	—

Пр и м е ч а н и е. Закалка с 1000 °С в масло, отпуск при 560–580 °С.

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала – 1180, конца – выше 900, охлаждение на воздухе.

Рекомендуемая термическая обработка: закалка с 1000 °С в масле или на воздухе, отпуск низкий при 550–600 °С, высокий при 620–680 °С.

Свариваемость – хорошо сваривается всеми видами сварки.

## Сталь 18Х12ВМБФР (ЭП993)

Вид поставки – сортовой прокат.

Назначение – турбинные лопатки, трубы, крепежные детали для длительной работы при температурах до 620 °С, формы для литья и жидкой штамповки медных и алюминиевых сплавов. Сталь мартенситно-ферритного класса.

Температура критических точек:  $A_{c1} = 850$  °С,  $A_{c3} = 930$  °С.

### Химических состав, % (ГОСТ 5632 – 72)

С	Mn	Cr	Ni	Mo	V	W	Другие элементы	Si	S	P
	не более							не более		
0,15–0,22	0,5	11,0–13,0	–	0,4–0,6	0,15–0,3	0,4–0,7	0,003 В 0,2–0,4 Nb	0,8	0,025	0,035

### Механические свойства стали (ГОСТ 5949–75)

Термообработка	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 1050–1150 °С в масле, отпуск при 650–700 °С, охл. на воздухе	735	490	12	45	39

### Механические свойства (труба, продольные образцы) при повышенных температурах [94]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	900	670	14	46	80
200	850	660	13	47	80
300	800	640	12	48	90
350	750	620	12	50	100
400	720	600	12	50	110
450	670	570	12	50	120
500	630	540	13	53	130
550	580	500	13	55	130
600	520	450	14	50	130
650	450	400	16	65	160
700	360	350	18	70	180

Примечание. Закалка с 1050 °С в масле; отпуск при 650–670 °С, охл. на воздухе.

### Механические свойства (пруток, продольные образцы) в зависимости от тепловой выдержки при 600 °С [94]

$\tau$ , ч	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
Без выдержки	960	800	16	60	90	285
1000	920	750	15	60	75	–
5000	900	730	17	55	70	277
10000	840	670	17	55	60	269

Примечание. Закалка с 1050 °С в масле; отпуск при 650–670 °С, охл. на воздухе.

### Предел ползучести и длительной прочности (ГОСТ 5949–75)

Термообработка	$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{100000}$ , МПа	$\sigma_{1/1000}$ , МПа
		не менее	
Закалка с 1050 °С в масле; отпуск при 650–700 °С, охл. на воздухе	560	196	137
	590	147	88

### Технологические свойства

Температураковки: начала – 1200, конца – 850 °С, охлаждение на воздухе.

Рекомендуемые режимы термической обработки:

I. Закалка с 1050–1150 °С в масле, отпуск при 650–670 °С, охлаждение на воздухе.

II. Закалка с 1030–1050 °С в масле, отпуск при 680–720 °С, охлаждение на воздухе.

III. Нормализация при 1050 °С, охлаждение на воздухе, отпуск при 730–740 °С, выдержка 3–5 ч, охлаждение на воздухе.

Свариваемость – для сварных конструкций не применяется.

Обрабатываемость резанием:  $K_{v,6,ст} = 0,5$  при *HВ* 277.

Гибку труб рекомендуется проводить при 20 °С; после гибки для снятия наклепа и получения требуемых механических свойств рекомендуется отпуск при 780 °С.

### Сталь 12Х2МВ8ФБ (ЭП503)

Вид поставки – трубы.

Назначение – энергетическое машиностроение (трубы для длительной работы при температурах до 650 °С). Сталь ферритного класса.

### Химический состав, % (ТУ 1154–64)

С	Cr	Mo	W	Nb	V	Si	Mn	Ni	S	P
								не более		
0,07–0,12	2,1–2,6	0,5–0,7	7,0–8,5	0,8–1,2	0,2–0,35	0,4–0,7	0,4–0,7	0,5	0,025	0,025

### Механические свойства стали при повышенных температурах [94]

<i>t</i> , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость <i>HВ</i>
<i>Трубная заготовка 105 мм без термической обработки, продольные образцы</i>						
20	490	310	29	48	–	–
585	340	200	25	58	–	–
600	320	190	26	60	–	–
650	270	170	27	63	–	–
670	250	170	25	68	–	–
700	210	170	32	74	–	–
750	170	140	34	80	–	–
<i>То же, поперечные образцы</i>						
20	510	330	23	18	–	–
585	320	190	20	35	–	–
600	310	180	20	41	–	–
650	270	180	23	54	–	–
<i>Трубная заготовка 105 мм, отпуск при 780–800 °С, 1 ч, охл. на воздухе, продольные образцы</i>						
20	640	320	19	31	–	–
585	340	210	29	67	–	–
600	330	210	30	66	–	–
650	270	180	35	71	–	–
670	250	210	34	74	–	–
700	230	170	38	69	–	–

## Продолжение

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$	Твердость НВ
750	150	—	44	82	—	—
<i>То же, поперечные образцы</i>						
20	460	330	—	—	—	—
585	350	210	26	46	—	—
600	320	190	27	45	—	—
650	260	190	24	47	—	—
<i>Трубная заготовка 180 мм, отпуск при 780–790 °С, 1 ч, охл. на воздухе, продольные образцы</i>						
20	540	320	4–21	5–44	—	182
<i>Труба 32×6 мм, без термической обработки, продольные образцы</i>						
20	910	750	16	47	90	—
585	300	220	29	72	100	—
600	270	200	28	72	91	—
650	210	180	19	77	120	—
<i>Труба 32×6 мм, отпуск при 780–800 °С, 1 ч, продольные образцы</i>						
20	630	440	27	54	54	—
585	350	300	32	—	165	—
600	340	280	30	—	160	—
650	230	190	30	—	160	—
675	210	180	39	—	170	—
<i>Труба 168×26 мм, отпуск при 780–800 °С, 1 ч, охл. на воздухе, продольные образцы</i>						
20	600	350	8–13	14–21	—	193
<i>То же, поперечные образцы</i>						
20	580	360	6–10	8–12	—	190

**Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки**

$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$	Твердость НВ
585	100	640	390	30	58	180
585	500	650	380	28	56	170
585	1000	640	470	30	58	164
585	2500	620	330	27	54	170
585	5000	650	350	27	56	170
585	10000	640	360	27	57	170
600	100	620	330	28	50	170
600	500	650	370	24	68	156
600	1000	610	480	29	57	156
600	2500	600	320	31	50	170
600	5000	640	320	31	60	170
600	10000	630	330	31	60	170
630	100	630	360	30	56	170
630	500	630	360	30	72	156
630	1000	620	450	30	60	156
630	2500	590	310	28	60	170
630	5000	640	320	31	60	170
630	10000	630	330	31	60	170
650	100	630	340	32	63	170
650	500	620	360	31	68	156
650	1000	600	460	34	60	156
650	2500	580	310	28	58	170
650	5000	590	280	28	50	170
650	10000	590	310	28	50	170

Примечание. Отпуск при 780 °С, 1 ч, охл. на воздухе; труба 32×6 мм [94].

## Пределы длительной прочности и ползучести продольных образцов трубной заготовки

t, °С	$\sigma_{100000}$ , МПа	$\sigma_{1 \cdot 10^{-5}}$ , МПа
585	190	130
600	140	100
650	120	80
670	100	60
700	80	—

Примечание. Отпуск при 780 °С, 1 ч, охл. на воздухе.

### Технологические свойства

Температура горячей деформации: 1050–1070 °С – температура нагрева заготовки под прошивку труб для получения мелкозернистой структуры.

Рекомендуемые режимы термической обработки: для трубной заготовки – отпуск при 650–680 °С, выдержка 10 мин, охлаждение на воздухе; для трубы – отпуск при 780–800 °С, выдержка 1 ч, охлаждение на воздухе.

Свариваемость – без подогрева электродами марки ЦТ-28.

## Сталь 40X10C2M (ЭИ107)

Вид поставки: сортовой прокат.

Назначение: клапаны выпуска автомобильных, тракторных и дизельных моторов, клапаны впуска авиадвигателей, крепежные детали, колосники для работы при температурах 650–850 °С. Сталь мартенситного класса.

### Температура критических точек, °С

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
810	950	845	700

### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

С	Si	Mn	Cr	Mo	S	P
	не более				не более	
0,35–0,45	1,9–2,6	0,8	9,0–10,5	0,7–0,9	0,03	0,035

### Механические свойства (ГОСТ 5949–75, ГОСТ 5582–75, ГОСТ 7350–77)

Термообработка	$\sigma_{в}$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 1010–1050 °С на воздухе или в масле; отпуск при 720–780 °С, охл. в масле	930	740	10	35	20

### Предел ползучести и длительной прочности (ГОСТ 5949–75)

t <sub>исп.</sub> , °С	$\sigma_{10000}$ , МПа	$\sigma_{100000}$ , МПа	$\sigma_{1/10000}$ , МПа	$\sigma_{1/100000}$ , МПа
	не менее			
550	127	90	120	40
600	—	—	50	20

## Технологические свойства

Температураковки, °С: начала – 1200, конца – 900.

Твердость после отжига НВ 269–197.

Свариваемость — не применяется для сварных конструкций.

### Сталь 4Х14Н14В2М (ЭИ69)

Вид поставки — сортовой прокат, поковки.

Назначение — детали арматуры, поковки, крепеж для длительного срока службы при температурах до 600 °С и ограниченного срока службы при 650 °С; сталь жаропрочная аустенитного класса.

#### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

С	Ni	Cr	Mo	W	Cu	Mn	Si	S	P
					не более				
0,4–0,5	13–15	13–15	0,25–0,40	2,0–2,75	0,3	0,7	0,8	0,02	0,035

#### Механические свойства при 20 °С (продольные образцы) [94]

Вид продукции	Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
		не менее				
Пруток, шланга, полоса	Нагрев при 800 °С, 5 ч, охл. на воздухе	720	320	20	25	50
Детали арматуры	Нагрев при 1150–1180 °С, охл. в воде, старение при 750 °С на воздухе 5 ч	700	300	–	35	–

#### Механические свойства (пруток, продольные образцы) при повышенных температурах [94]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
550	580	260	22	31	–
600	500	250	15	26	65
650	440	240	12	24	75
700	340	220	10	22	80
750	280	200	8,8	17	83

#### Механические свойства (пруток, продольные образцы) при различных температурах после тепловой выдержки в течение 1000 ч [94]

$t$ , °С	$t_{ст}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	550	860	410	–	–	80
550	550	570	270	23	–	–
650	550	550	260	17	–	–
700	550	420	250	15	–	–
20	600	820	410	18	36	60

Продолжение

$t, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{ст}}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_s, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
550	600	820	310	—	28	—
600	600	560	320	—	19	—
700	600	410	280	15	30	—
20	700	820	430	—	32	75
600	700	490	260	20	46	—
650	700	470	270	19	44	—
700	700	400	260	17	39	—

**Предел длительной прочности и ползучести, МПа**

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{100000}, \text{МПа}$	$\sigma_{1000000}, \text{МПа}$	$\sigma_{1/10000}, \text{МПа}$	$\sigma_{1/100000}, \text{МПа}$
600	180	80	180	150
650	70	40	130	100
700	37	16	26	—

**Предел выносливости стали (пруток, продольные образцы)  
за  $5 \cdot 10^7$  циклов при рекомендованной термической обработке**

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{-1}, \text{МПа}$ , для образцов	
	гладкого	с надрезом
550	340	190
600	320	230

**Технологические свойства**

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала — 1180, конца — выше 900, охлаждение на воздухе.

Свариваемость — РДС электродами ЦТ-1, ЦТ-7 и КТС. Для снятия сварочных напряжений рекомендуется термообработка.

Обрабатываемость резанием:  $K_{\text{в.тв.спл}} = 0,7$  и  $K_{\text{в.б.ст}} = 0,25$  при *НВ* 229–241.

**Сталь 10Х11Н20ТЗР (ЭИ696)**

Вид поставки — поковки, сортовой прокат.

Назначение — турбинные лопатки, кольцевые детали, крепежные детали, детали компрессора и рабочей части турбины с температурой до  $700^\circ\text{C}$ . Сталь аустенитного класса.

**Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)**

С (не более)	Si	Мп	Cr	Ni	Другие элементы
	не более				
0,10	1,0	1,0	10,0–12,5	18–21	Не более 0,8 Al; 2,6–3,2 Ti



**Механические свойства сортовой и листовой стали  
(ГОСТ 5949–75, ГОСТ 5582–75, ГОСТ 7350–77)**

Термообработка	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_t$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
Закалка с 1020–1060 °С в воде или на воздухе;	735	–	35	–

**Предел длительной прочности (ГОСТ 5949–75)**

Термообработка	$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{50}$ , МПа, не менее
Закалка с 1100–1170 °С на воздухе или в масле, высокий отпуск при 740–760 °С на воздухе 15 ч	700	392

**Технологические свойства**

Температура деформации, °С: начала – 1130, конца – выше 900, охлаждение на воздухе.

Рекомендуемые режимы термической обработки: нагрев до 1100–1150 °С, выдержка 2 ч, охлаждение на воздухе; старение при 750 °С в течение 16 ч, охлаждение на воздухе.

Сталь удовлетворительно сваривается аргонодуговой сваркой.

**Сталь 10X11H23T3MP**

Для работы при температурах 650–850 °С.

Вид поставки – сортовой прокат, калиброванный прокат.

Назначение – пружины и крепежные детали.

**Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)**

С (не более)	Si	Мп	Cr	Ni	Mo	Другие элементы
	не более					
0,10	0,6	0,6	10,0–12,5	21–25	1,0–1,6	Не более 0,8 Al; 2,3–2,8 Ti; 0,02 В

**Механические свойства (ГОСТ 5949–75)**

Термообработка	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 1100–1170 °С на воздухе или в масле 2–5 ч; старение при 600–650 °С на воздухе 10–16 ч	880	590	8	10	29
Закалка с 950–1050 °С в масле 2–5 ч; старение при 600–650 °С на воздухе 10–16 ч	980	585	10	12	29

## Предел длительной прочности (ГОСТ 5949-75)

Термообработка	$t_{исп}$ , °C	$\sigma_{100}$ , МПа, не менее
Закалка с 1100-1170 °C на воздухе или в масле 2-5 ч; старение при 750-800 °C на воздухе 16-25 ч	700	392

### Сталь 09X14N19B2BP (ЗИ695P)

Вид поставки — сортовой прокат, трубы.

Назначение — паропроводные и пароперегревательные трубы установок сверхвысокого давления с длительным сроком службы до температуры 700 °C.

#### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Другие элементы
	не менее				
0,07-0,12	0,6	2,0	13-15	18-20	2,0-2,8 W; 0,9-1,3 Nb не более 0,005 В; 0,02 Се

#### Механические свойства (ГОСТ 5949-75)

Термообработка	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 1140-1160 °C на воздухе	510	215	35	50	-

#### Механические свойства (пруток, продольные образцы) при повышенных температурах [94]

$t_{исп}$ , °C	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	570	230	44	70	180
650	440	140	32	61	220
650	430	140	33	61	210
700	410	140	33	64	220

#### Механические свойства стали (пруток, продольные образцы) после тепловой выдержки при различных температурах [94]

Тепловая выдержка		$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
$t$ , °C	$\tau$ , ч						
—*	—*	630	280	44	69	170	143
600	5000	—	—	—	—	137	156
650	5000	660	310	40	57,5	120	160
650	10000	600	290	39	59,5	100	—
700	5000	650	300	35	54	120	—
700	10000	650	270	38	59	120	—
750	5000	620	250	40	57	130	—
750	10000	630	280	38	64	140	—
800	5000	580	260	38	53	130	—
800	10000	600	290	39	65	150	—

\*Исходное состояние.

**Предел длительной прочности и ползучести стали  
(пруток, продольные образцы) [94]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{10000}, \text{МПа}$	$\sigma_{100000}, \text{МПа}$	$\sigma_{1/10000}, \text{МПа}$	$\sigma_{1/100000}, \text{МПа}$
600	270	200	—	—
650	168	130	110	140
700	125	95	65	85
750	70	55	—	—

**Технологические свойства**

Температура деформации,  $^\circ\text{C}$ : начала – 1130, конца – выше 900, охлаждение на воздухе.

Рекомендуемые режимы термической обработки: нагрев до 1100–1150  $^\circ\text{C}$ , выдержка 2 ч, охлаждение на воздухе; старение при 750  $^\circ\text{C}$  в течение 16 ч, охлаждение на воздухе.

Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки – РДС, электродами ЦТ-23 и АЖ-13-18 и КТС; после сварки – термообработка.

Обработываемость резанием –  $K_{\text{в.тв.спл.}} = 1,0$  и  $K_{\text{в.б.ст}} = 0,35$  при  $HV 200$ .

Сталь не чувствительна к межкристаллитной коррозии.

**Сталь 08X16H13M2B (ЭИ680)**

Вид поставки – поковки, сортовой прокат.

Назначение – поковка для дисков и роторов, лопатки, болты с длительным сроком службы при температурах до 600  $^\circ\text{C}$ . Сталь аустенитного класса.

**Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)**

C	Mn	Cr	Ni	Mo	Si	S	P	Другие элементы
	не более				не более			
0,06–0,12	1,0	15,0–17,0	12,5–14,5	2,0–2,5	0,8	0,025	0,035	0,9–1,3 Nb

**Механические свойства (ГОСТ 5949–75)**

Термообработка	$\sigma_{\text{в}}, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 1100–1130 $^\circ\text{C}$ на воздухе	550	215	40	50	118

**Механические свойства при повышенных температурах  
(продольные образцы) [50]**

Термообработка	$t_{\text{исп}}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_{\text{в}}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\delta_5, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее					
Закалка с 1100–1130 $^\circ\text{C}$ на воздухе	20	230	620	45	45	210
	500	175	490	30	30	—
	600	170	470	29	29	—

## Предел ползучести и длительной прочности, МПа (ГОСТ 5949-75)

Термообработка	$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{10000}$	$\sigma_{100000}$	$\sigma_{1/10000}$	$\sigma_{1/100000}$
		не более			
Закалка с 1100–1150 $^\circ\text{C}$ в воде	600	200	150	140–170	90–120
или на воздухе; отпуск при 750 $^\circ\text{C}$	650	130	60–90	100–120	50–70

### Технологические свойства

Температураковки,  $^\circ\text{C}$ : начала – 1220, конца – 880.  
 Обрабатываемость резанием:  $K_{v, \text{с.т.}} = 0,4$  при  $HB = 182$ .  
 Ограниченно сваривается. Способ сварки – РДС электродами: ЦТ-7-1, ЦТ-6 и КТИ-5 с последующей термообработкой.

## Сплав ХН67МВТЮ (ЭИ202)

Назначение — диски, корпуса, рабочие и сопловые лопатки газовых турбин, листовые детали турбин, работающие длительный срок до температуры 800  $^\circ\text{C}$ .

### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

C	Mn	Cr	Ni	Ti	W	Mo	Fe	Al	B	Ce
не более									не более	
0,08	0,5	17–20	Основа	2,2–2,8	4,0–5,0	4,0–5,0	4,0	1,0–1,5	0,01	0,01

### Механические свойства сталей при повышенных температурах [50]

Термообработка	$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{в}, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$	Твердость $HB$
		не менее					
Аустенизация при 1200 $^\circ\text{C}$ на воздухе, 5 ч; старение при 850 $^\circ\text{C}$ на воздухе, 15 ч	20	600	1000	16–30	18–32	50–120	255–302
	800	500–620	700–800	8–25	10–30	60–140	–
	850	470–580	550–680	12–13	15–40	60–150	

### Предел длительной прочности и ползучести\*1, МПа

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{10000}$	$\sigma_{100000}$	$\sigma_{1/10000}$	$\sigma_{1/100000}$
800	180	130	140	90

\*1 После оптимальной термообработки.

### Предел длительной прочности и ползучести\*1, МПа

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{100}$	$\sigma_{200}$	$\sigma_{1000}$	$\sigma_{0,2/100}$
850	180	140 (300 ч)	110	–

\*1 После оптимальной термообработки.

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала — 1180, конца — 950.

Свариваемость — трудносвариваемый. Способ сварки — АрДС с присадкой ЭП-356.

Обрабатываемость резанием: —  $K_{v\text{ тв.спл}} = 0,1$  и  $K_{v\text{ б.ст}} = 0,08$  при *НВ* 217.

### Сплав ХН73МБТЮ (ЭИ698)

Назначение — диски газовых турбин для длительной службы с рабочей температурой до 750 °С. Жаропрочный сплав на никелевой основе.

#### Химический состав, % (ТУ 14-1-1466-75)

Cr	Mo	Nb	Ti	Al	Fe	Mn	Si	C	B	Ce	S	P
					не более							
13-16	2,8-3,2	1,8-2,2	2,35-2,75	1,3-1,7	2,0	0,4	0,6	0,08	0,005	0,005	0,007	0,015

#### Механические свойства (пруток, продольные образцы) при повышенных температурах

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{в}, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	1210	800	31	24	72
550	1030	700	31	24	103
600	1040	690	28	26	100
650	1030	670	28	27	—
700	1000	680	24	22	75

#### Механические свойства в зависимости от тепловой выдержки (штамповые диски диаметром 480 мм, тангенциальные образцы)

$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$	$t_{\text{исп}}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{в}, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
Исходное состояние		20	1150	700	31	31	90
650	3000	20	1220	810	15	15	43
650	10000	20	1220	800	14	15	33
700	3000	20	1220	770	15	16	40
700	10000	20	1180	690	20	19	34
750	1000	20	1120	620	30	31	69
750	3000	20	1160	680	21	20	52
750	10000	20	1110	580	27	27	66
650	3000	650	1050	660	18	25	—
650	10000	650	1080	670	19	24	—
700	3000	700	960	240	24	32	—
700	10000	700	910	270	27	35	—
750	1000	750	740	530	31	47	—
750	3000	750	770	550	28	42	—
750	10000	750	730	440	31	44	—

Примечание. Двойная закалка на воздухе: с 1120 °С, 8 ч и с 1000 °С, 4 ч; старение при 800 °С на воздухе [94].

**Предел длительной прочности  
(диск диаметром 480 мм, тангенциальные образцы)**

t, °C	Предел длительной прочности, МПа, за время, ч						
	300	500	1000	2000	3000	5000	10000
550	—	900	870	850	820	—	—
650	630	600	570	540	520	500	480
700	480	450	400	360	340	320	290
750	360	330	295	265	250	230	210

Предел выносливости сплава за  $10^7$  циклов после термической обработки тангенциальных образцов из диска диаметром 480 мм (старение на воздухе: при 750 °С, 16 ч + 650 °С, 16–20 ч) составляет при 650 и 750 °С на гладких образцах соответственно 340 и 360 МПа; на образцах с надрезом радиусом 0,75 мм — 290 и 340 МПа. Пределы ползучести сплава для остаточной деформации 0,2 % составляют за 100 ч при температурах 550, 650 и 750 °С соответственно 650, 570 и 330 МПа; за 500 ч при температурах 550 и 650 °С — соответственно 650 и 520 МПа.

**Технологические свойства**

Температура деформации, °С: начала 1160–1180, конца выше 1000, охлаждение после деформации на воздухе. Сплав выплавляют в открытых дуговых или индукционных печах и с применением вакуумного дугового переплава.

**Сплав ХН65ВМТЮ (ЭИ893)**

Назначение — рабочие и направляющие лопатки и крепежные детали газовых турбин с длительным сроком службы при температурах до 800 °С.

Вид поставки — при способе ОЭ прутки горячекатаные круглые диаметром 32–35 мм; прутки кованные размером 60–125 мм, круглые диаметром 60–125 мм, квадратные размером 60–125 мм.

**Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)**

Cr	Mo	W	Ti	Al	Fe	Mn	Si	C	B	Ce	Si	P	Ni
					не более								
15–17	3,5–4,5	8,5–10,0	1,2–1,6	1,2–1,6	3,0	0,6	0,6	0,07	0,01	0,025	0,012	0,015	Ост.

**Механические свойства (пруток, продольные образцы)**

t, °C	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
20	850	500	20	25	60
750	650	—	11	15	—

Примечание. Закалка с  $1170 \pm 10$  °С; старение при  $800 \pm 10$  °С или закалка с  $1170 \pm 10$  °С, старение при  $900 \pm 10$  °С; старение при  $850 \pm 10$  °С на воздухе, 15 ч.

**Механические свойства сплава (пруток, продольные образцы)  
при повышенных температурах [94]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
<i>Режимы I-III</i>					
20	900	600	20	25	80
500	860	530	40	36	170
550	—	—	—	—	—
600	800	500	25	35	100
650	—	—	—	—	—
700	700	480	15	20	80
750	700	480	15	16	80
800	600	450	16	17	80
850	—	—	—	—	—
900	—	—	—	—	—
<i>Режим IV</i>					
20	790	480	21	20-31	50
500	860	41	35	38	—
550	830	41	37	36	—
600	830	39	35	34	—
650	720	35	34	38	—
700	—	—	—	—	—
750	690	400	16	22-32	—
800	580	360	18	23-37	—
850	490	360	18	36-40	—
900	300	270	37	55-56	—

Примечание. Режим I — закалка с 1160–1180 °С, выдержка 2 ч, охл. на воздухе; старение при 780–800 °С, выдержка 12 ч, охл. на воздухе.

Режим II — закалка с 1180 °С, выдержка 2 ч, охл. на воздухе; закалка с 1050 °С, выдержка 4 ч охл. на воздухе; старение при 780–800 °С, выдержка 12 ч, охл. на воздухе.

Режим III — закалка с 1160–1180 °С, выдержка 2 ч, охл. на воздухе; старение при 830–850 °С, выдержка 12 ч охл. на воздухе.

Режим IV — закалка с 1170 °С, выдержка 3 ч, охл. на воздухе; ступенчатое старение при 1000 °С, выдержка 4 ч, охл. на воздухе с печью до 900 °С, выдержка 8 ч, охл. на воздухе с печью до 850 °С, выдержка 15 ч, охл. на воздухе.

**Предел длительной прочности, ползучести и выносливости  
(пруток, продольные образцы) [94], МПа**

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{1000}$	$\sigma_{10000}$	$\sigma_{50000}$	$\sigma_{1/10000}$	$\sigma_{1/100000}$	$\sigma^{-1}$ образцов на базе циклов			
						гладкие		с надрезом	
						$10^7$	$10^8$	$10^7$	$10^8$
20	—	—	—	—	—	280	260	—	—
500	—	—	—	—	—	342	322	335	335
600	600	550	—	—	—	336	327	340	335
650	500	450	—	—	—	343	330	345	345
700	400	300	240 <sup>*1</sup>	300	200	378	370	267	260
750	300	210	160 <sup>*1</sup>	180	120	360	360	270	260
800	180	130	100 <sup>*1</sup>	120	50	390	310	—	—
850	130	90 <sup>*1</sup>	—	—	—	—	—	—	—

\*1 Экстраполированные значения.

## Технологические свойства

Температура деформации, °С: начала — 1160, конца — не выше 900, охлаждение после деформации на воздухе.

### Сплав ХН62МВКЮ (ЗИ867)

Назначение — лопатки и диски турбин для работы при температурах до 900 °С.

Вид поставки: при способе ОЭ прутки горячекатаные, круглые и обточенные круглые, диаметром 33–55 мм; при способе производства ВДП — прутки горячекатаные круглые, диаметром 20–45 мм, обточенные круглые, диаметром 20–40 мм.

#### Химический состав, % (ГОСТ 5632-72)

Cr	Mo	W	Al	Co	Fe	Si	Mn	C	V	Ce	S	P	Ni
					не более								
8,5-10,5	9-11,5	4,3-6,0	4,2-4,8	4,0-6,0	4,0	0,6	0,3	0,1	0,02	0,02	0,011	0,015	Ост.

#### Механические свойства (пруток, продольные образцы) при 900 °С

Способ производства	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
	не менее		
ОЭ	580	6	9
ВДП	580	8	12

#### Механические свойства (пруток, продольные образцы) при повышенных температурах

$t$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	1000	780	6	11	15
700	960	650	6	12	40
800	900	650	3	7	50
850	720	550	3	7	50
900	600	400	8	12	50
950	400	300	10	18	60
1000	250	180	12	20	70

#### Предел длительной прочности, ползучести и выносливости сплава (пруток, продольные образцы), МПа [94]

$t$ , °С	$\sigma_{100}$	$\sigma_{1000}$	$\sigma_{0,2/100}$	$\sigma^{-1}$ на базе $10^7$ циклов	
				гладких	с надрезом
20	—	—	—	310	210
700	740	—	610	310	250
800	430	310	350	335	250
900	190	110	130	320	250
950	110	60	—	—	—

## Технологические свойства

Температура деформации, °С: начала — 1190, конца — не ниже 1060, охлаждение на воздухе.

Сплав выплавляют в открытых электропечах и с применением вакуумного переплава.



### Сплав ХН55ВМКЮ (ЭП109)

Назначение – лопатки газовых турбин и другие детали, работающие длительно под нагрузкой при температурах до 950 °С.

#### Химический состав, % (гост 5632–72)

Cr	Mo	W	Al	Co	Fe	Mn	Si	C	S	P	B	Ce	Ni
					не более								
8,5–10,5	6,5–8,0	6,0–7,5	5,4–6,2	11,0–13,0	1,5	0,3	0,6	0,1	0,011	0,15	0,02	0,02	Ост.

#### Механические свойства\*1 (пруток, продольные образцы) при повышенных температурах [94]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
20	1100	750	9	11	200
700	1080	750	5	7	300
750	1080	750	5	7	300
800	1000	750	5	7	300
850	750	650	3	5	300
900	650	500	3	5	400
950	550	400	4	5	400
1000	350	250	6	13	400

\*1 Пределы 100-ч длительной прочности сплава при температурах 800, 900 и 950 °С составляют соответственно 440, 240 и 150 МПа. Пределы усталости при температурах 750, 800 и 950 °С на базе  $10^7$  циклов составляют 320, 370 и 380 МПа. Температура начала интенсивного окалинообразования 1050 °С.

#### Пределы длительной прочности, ползучести и выносливости, МПа [94]

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{100}$	$\sigma_{1000}$	$\sigma_{2000}$	$\sigma_{0,2/100}$	$\sigma_{-1}$ на базе циклов	
					$10^7$	$10^8$
800	440	310	290	370	–	–
900	240	130	100	140	320	280
950	140	65	55	–	–	–

#### Технологические свойства

Температура горячей деформации, °С: начала 1190, конца не ниже 1060, охлаждение на воздухе.

Сплав выплавляется в дуговой или индукционной электропечи с применением вакуумного дугового переплава.

### Сплав ХН55ВМТКЮ (ЭИ929)

Назначение – лопатки газовых турбин с сроком службы ограниченным при температурах 900–950 °С и длительном при 700–800°С.

#### Химический состав, % (ГОСТ 5632–72)

Cr	Mo	W	V	Ti	Al	Co	Fe	Mn	Si	C	B	S	P	Ni
							не более							
9–12	4,0–6,0	4,5–6,5	0,2–0,8	1,4–2,0	3,6–4,5	12–16	0,5	0,5	0,5	0,12	0,02	0,01	0,015	Ост.

**Механические свойства сплава (пруток, продольные образцы)  
при различных температурах и режимах термической обработки [94]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_{\text{в}}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Режим I</i>					
20	1000	750	6	9	—
700	900	700	8	10	—
800	800	600	9	12	—
850	700	—	10	14	—
900	550	400	12	15	—
950	350	—	17	20	—
1000	250	190	18	20	—
<i>Режим II</i>					
20	870	760	3,2	5,3	14
800	880	660	12	14,6	—
850	850	640	14	22	26
900	550	480	18,5	33	39
950	460	390	21	36	40
1000	270	250	25	48	35

Примечание. Режим I — закалка с 1160–1180 °С, выдержка 2 ч, охл. на воздухе; старение при 780–800 °С, выдержка 12 ч охл. на воздухе.

Режим II — закалка с 1180 °С, выдержка 2 ч, охл. на воздухе; закалка с 1050 °С, выдержка 4 ч, охл. на воздухе, старение при 780–800 °С, выдержка 12 ч, охл. на воздухе.

**Предел длительной прочности, ползучести и выносливости сплава  
(пруток, продольные образцы), МПа [94]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{1000}$	$\sigma_{10000}$	$\sigma_{100000}$	$\sigma_{0,2/100}$	$\sigma_{1/100}$	$\sigma_{1/1000}$	$\sigma_{-1}^{*1}$
	<i>Режим I – III</i>			<i>Режим III</i>			<i>Режим I</i>
700	730	600	500	—	—	540	330
750	530	460	380	—	—	—	—
800	390	320	260	250	390	300	330
850	290	200	170	225	300	190	—
900	210	130	70	140	200	150	300
950	120	60	—	—	—	—	—
1000	70	30	—	—	—	—	—

\*1 На базе  $10^7$  циклов, гладкие образцы.

Жаростойкость сплава в среде воздуха и смеси газов, состоящей из 18,2 %  $\text{O}_2$ ; 75,9 %  $\text{N}_2$ ; 4,3 %  $\text{CO}_2$ ; 1,6 %  $\text{H}_2\text{O}$ ; 0,035 %  $\text{SO}_2$ , определенная по глубине коррозионного разрушения за 1000 ч при 800, 850, 900, 1000 °С, составляет соответственно 0,008; 0,011; 0,016; 0,022; 0,030.

В условиях контакта с оксидами железа сплав склонен к «язвообразованию» для предохранения от которого следует применять защитные покрытия.

**Технологические свойства**

Температура деформации, °С: начала 1180, конца не ниже 1080, охлаждение после деформации на воздухе.

Сплав выплавляют в открытых индукционных печах и с применением вакуумного дугового переплава.

## Сплав ХН62МБВЮ (ЭП709)

Назначение — высоконагруженные сварные изделия с рабочей температурой до 750 °С.

### Химический состав, % (ТУ 14-1-2706-79)

Cr	Mo	W	Nb	Al	Fe	Mn	Si	C	Ce	S	P	Ni
						не более						
13-15	4,5-5,5	4,0-5,0	5,1-5,9	0,9-1,4	5,5-8	0,5	0,45	0,06	0,01	0,01	0,015	Ост.

### Механические свойства сплава при повышенных температурах [94]

Термообработка	$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
Закалка с 1100 °С на воздухе 2,5 ч; старение при 750 °С на воздухе, 15 ч	-253	1400	820	22	20	—
	-196	1400	820	35	25	—
	-70	1150	750	40	42	—
	20	1060	680	38	40	140
	500	870	580	40	37	120
	550	850	560	28	32	140
	600	850	560	20	32	140
Закалка с 1100 °С на воздухе 2,5 ч; старение при 650 °С на воздухе, 15 ч	650	830	560	28	20	120
	750	700	540	8	10	120
	20	1250	830	40	50	120
	500	1020	680	40	50	120
	600	1020	680	30	38	120
	700	780	640	7	15	120

### Механические свойства сплава (пруток, продольные образцы) при 20 °С в зависимости от тепловой вылежки [94]

$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$KCU, \text{Дж/см}^2$
500	100	1100	720	48	55	140
500	500	1100	750	48	53	140
500	1000	1100	750	48	51	140
600	100	1100	820	35	50	120
600	500	1150	860	35	50	120
600	1000	1280	880	35	50	120
700	100	1200	800	38	54	120
700	500	1200	800	38	54	120
700	1000	1230	820	32	50	120

### Пределы длительной прочности, ползучести и выносливости сплава (пруток, продольные образцы), МПа [94]

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{100}$	$\sigma_{1000}$	$\sigma_{5000}$	$\sigma_{0,2/100}$	$\sigma_{-1}$ на базе $10^7$ циклов
500	900	880	840	560	360
550	840	780	740	—	390
600	700	640	620	—	380
700	500	400	—	—	380
750	310	190	—	—	—

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1150, конца выше 1050, охлаждение после деформации на воздухе.

Сплав выплавляют в индукционных вакуумных печах с последующим применением вакуумного дугового переплава.

## Сплав ХН60КМВЮБ (ЭП800)

Назначение — в энергетическом машиностроении для лопаток газовых турбин длительного действия с рабочей температурой до 850 °С.

### Химический состав, % (ТУ 14-1-1769-76)

Cr	Mo	W	Al	Co	Nb	Fe	Mn	Si	C	B	Ce	Si	P
								не более					
12-13,5	5,0-6,0	4,0-6,0	4,2-5,0	8,5-10,5	1,5-2,0	≤3	0,5	0,4	0,05	0,02	0,02	0,01	0,015

### Механические свойства (пруток, продольные образцы) [94]

t, °С	σ <sub>в</sub> , МПа	σ <sub>0,2</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	1100	650	14	15	30
800	830	600	8	12	40

### Механические свойства (пруток, продольные образцы) при повышенных температурах [94]

t, °С	σ <sub>в</sub> , МПа	σ <sub>0,2</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
20	1200	700	15	15	40
500	1100	650	18	18	50
600	1050	650	15	15	50
700	1000	650	12	14	50
800	800	650	8	10	50
850	700	600	8	10	50

### Пределы длительной прочности, ползучести и выносливости (пруток, продольные образцы), МПа [94]

t, °С	σ <sub>1000</sub>	σ <sub>10000</sub>	σ <sub>20000</sub>	σ <sub>-1</sub> на базе 10 <sup>7</sup> циклов
700	580	450	440	350
750	460	350	320	350
800	360	240	230	350
850	250	140	—	—

### Механические свойства (пруток, продольные образцы) при 20 °С в зависимости от тепловой выдержки [94]

t, °С	τ, ч	σ <sub>в</sub> , МПа	σ <sub>0,2</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
600	500	1220	880	18	24	35
600	1000	1220	890	15	20	35
600	5000	1260	940	14	16	20
700	500	1330	880	15	21	25
700	1000	1280	880	12	17	20
700	5000	1280	880	12	12	20
800	500	1250	830	12	17	30
800	1000	1250	860	12	18	30
800	5000	1300	860	16	19	25

### Механические свойства (пруток диаметром 70 мм, продольные образцы) при высоких температурах [94]

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_s, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
1000	360	12	25
1050	170	20	40
1100	60	70	90
1150	50	100	90
1200	40	110	80

Примечание. Закалка с 1160 °С на воздухе, 2 ч.

### Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1150, конца выше 1050, охлаждение после деформации на воздухе.

Сплав выплавляют в индукционных вакуумных печах с последующим применением вакуумного дугового переплава.

## Раздел 4. СТАЛЬ ДЛЯ ОТЛИВОК

### Общие сведения

В зависимости от назначения и условий эксплуатации литых деталей их изготавливают из различных углеродистых и легированных сталей: конструкционных, коррозионностойких, жаростойких и износостойких. *Литейные стали* подразделяют на *конструкционные* (ГОСТ 977–88) и *высоколегированные* со специальными свойствами (ГОСТ 2176–77). Кроме того, ряд сталей для отливок приведены в ГОСТ 21357–87 «Отливки из хладостойкой и износостойкой стали».

Цель легирования литейных сталей в основном та же, что и деформируемых: увеличение прокаливаемости (марганец, хром, никель), повышение вязкости и снижение температурного порога хрупкости (никель), предотвращение отпускной хрупкости (молибден), увеличение стойкости против коррозии (хром, никель), повышение жаростойкости (хром, кремний) и пр. Во многие стали для отливок для измельчения аустенитного зерна вводят малые добавки ванадия и титана (около 1 %).

Ряд сталей для отливок имеют ту же марку, что и деформируемые, отличаясь лишь буквой Л в конце марки. В этом случае состав литейной стали практически тот же, что и деформируемой. Обычно различается лишь допускаемое содержание вредных примесей: в сталях для отливок оно несколько больше.

Некоторые легированные стали разработаны специально в качестве литейных и не имеют аналогов среди деформируемых. Широко известна высокомарганцовистая сталь Гадфильда — сталь 110Г13Л. Сталь после закалки в воде с 1100 °С имеет аустенитную структуру и характеризуется сочетанием очень высокой износостойкости и ударной вязкости.

Отливки из конструкционных сталей подвергают термической обработке хотя бы для того, чтобы уменьшить литейные напряжения. Кроме того, при литье формируются крупные зерна аустенита, внутри которых при последующем охлаждении в сталях с содержанием углерода менее 0,4 % образуются направленные пластины избыточного феррита, т.е. возникает видманштеттова структура. Литая сталь с такой структурой имеет низкую пластичность и ударную вязкость. Для измельчения зерна, исправления структуры литой стали, с целью повышения пластичности, ударной вязкости и хладостойкости стали для отливок перлитного и мартенситного классов подвергают нормализации и (или) закалке с высоким отпуском.

После термообработки прочностные свойства литой и ковальной стали одного и того же химического состава практически одинаковы, а показатели пластичности и ударной вязкости литой стали значительно ниже, чем ковальной.

Литейные свойства сталей значительно хуже, чем чугунов и большинства литейных цветных сплавов. Стали не содержат эвтектики и поэтому характеризуются сравнительно низкой жидкотекучестью и высокой склон-

ностью к образованию горячих литейных трещин. Трудности при литье создает и высокая температура плавления, особенно у низкоуглеродистых сталей. Литейная усадка сталей большая и достигает 2,3 %.

Литейные свойства легированных сталей, как правило, хуже, чем углеродистых, из-за того, что при легировании расширяется интервал кристаллизации и уменьшается теплопроводность.

**Жидкотекучесть**, т.е. способность стали заполнять форму — наиболее важное из технологических свойств стали для отливок. При одинаковой температуре заливки жидкотекучесть зависит от химического состава стали. При прочих равных условиях увеличение содержания углерода улучшает, а легирование тугоплавкими элементами ухудшает жидкотекучесть металла, причем различие в жидкотекучести стали разных марок наиболее сильно проявляется при снижении температуры заливки.

Горячие трещины чаще всего образуются в отливках из стали мартенситного класса, реже в отливках из углеродистых сталей и сталей аустенитного класса. Различие в склонности к образованию трещин заметно проявляется при высоких температурах заливки. При снижении температур заливки склонность к образованию трещин у всех сталей уменьшается.

## Сталь 15Л

Заменитель — сталь 20Л.

Вид поставки — отливки ГОСТ 977–88.

Назначение — копровые бабы, блоки, ролики, корпуса, поводки, захваты, пыльные рамы, детали сварно-литых конструкций с большим объемом сварки, плиты, подушки и другие неотчетственные детали, работающие под действием средних статических и динамических нагрузок.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
735	863	840	685

### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
			не более				
0,12–0,20	0,30–0,90	0,20–0,52	0,30	0,30	0,30	0,045	0,04

### Механические свойства в сечениях до 100 мм (ГОСТ 977–88)

Термообработка	$\sigma_a$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Нормализация при 910–930 °С; отпуск при 670–690 °С	200	400	24	35	50

## Ударная вязкость КСУ [186]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	-20	-40	-60	-80
Нормализация при 940 °С; отпуск при 680 °С	110	69	12	10	7

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 176$  МПа при  $\sigma_{0,2} = 200$  МПа,  $\sigma_b = 390$  МПа, *НВ* 109–136 [162].

### Технологические свойства [81]

- Свариваемость – сваривается без ограничений.
- Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой, ЭШС.
- Обрабатываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.сдл}} = 1,35$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,50$  в нормализованном состоянии при *НВ* 121–126 и  $\sigma_b = 390$  МПа.
- Флоксеночувствительность – не чувствительна.
- Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

### Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С .....	1512–1521
Показатель трещиностойчивости $K_{т,у}$ .....	1,0
Склонность к образованию усадочных раковин $K_{у,р}$ .....	0,9
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$ .....	0,9
Линейная усадка, % .....	2,2–2,3
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{у,п}$ .....	1,0

## Сталь 20Л

- Заменитель – стали 25Л, 30Л.
- Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88.
- Назначение – шаботы, арматура, фасонные отливки деталей общего машиностроения, изготавливаемые методом выплавляемых моделей, детали сварнолитых конструкций и другие детали, работающие при температуре от –40 до 450 °С.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
735	854	835	680

### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

С	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
0,17–0,25	0,35–0,90	0,20–0,52	0,30	0,30	0,30	0,045	0,04

### Механические свойства в сечениях до 100 мм (ГОСТ 977–88)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Нормализация при 880–900 °С; отпуск при 630–650 °С	220	420	22	35	500



## Механические свойства в зависимости от сечения литой заготовки [131]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
10	Ц	215–225	450–495	27–37	45–63	–	131
30		200–265	425–480	31–37	48–63	60–83	134–143
50		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

Примечание. Нормализация при 870–890 °С, охл. на воздухе до 250–300 °С; отпуск при 630–650 °С, охл. на воздухе.

## Ударная вязкость отливок сечением 30 мм КСУ [131]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	–20	–60	–80
Нормализация при 870–890 °С, охл. на воздухе до 250–300 °С; отпуск при 630–650 °С, охл. на воздухе	55–83	41–64	6–12	3–5

## Предел выносливости

$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$	Характеристики прочности
211	10 <sup>7</sup>	$\sigma_{0,2} = 260$ МПа, $\sigma_b = 470$ МПа [73]
196	–	$\sigma_{0,2} = 280$ МПа, $\sigma_b = 500$ МПа, НВ 137 [161]

## Технологические свойства [81]

Свариваемость – сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой, ЭШС.

Обработываемость резанием –  $K_{y, \text{тв.спл}} = 1,5$  и  $K_{y, \text{б.ст}} = 1,35$  в отожженном состоянии при НВ 121–126 и  $\sigma_b = 390$  МПа.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

## Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С	1512–1521
Линейная усадка, %	2,2–2,3
Показатель трещиностойчивости $K_{т,у}$	1,0
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$	0,9
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{у,р}$	0,9
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{у,п}$	1,0

## Сталь 25Л

Заменитель – стали 20Л, 30Л.

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88.

Назначение – станины прокатных станков, шкивы, траверсы, поршни, буксы, крышки цилиндров, плиты настольные, рамы рольгангов и тележек, мульды, кор-

пусы подшипников, детали сварно-литых конструкций и другие детали, работающие при температуре от -40 до 450 °С под давлением.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
735	840	824	680

### Химический состав, % (ГОСТ 977-88)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
			не более				
0,22-0,30	0,35-0,90	0,20-0,52	0,30	0,30	0,30	0,045	0,04

### Механические свойства

Источник	Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
			не менее				
ГОСТ 977-88	Нормализация при 880-900 °С; отпуск при 610-630 °С Закалка с 870-890 °С в воде; отпуск при 610-630 °С	До 100	240	450	19	30	40
			300	500	22	33	35
[166]	Нормализация при 900 °С, охл. на воздухе Нормализация при 900 °С, охл. на воздухе; закалка при 880 °С; отпуск при 580 °С	До 400	305-315	520-530	21-23	27-28	62-64
			365	580	22	44	88

### Механические свойства при повышенных температурах [77]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Отжиг при 900 °С, охл. в печи</i>					
20	205-255	420-480	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
<i>Нормализация при 900 °С, охл. на воздухе; отпуск при 620-680 °С, охл. на воздухе</i>					
20	235-265	490	22-26	37-51	54-68
200	225	460	16-20	40-45	108-117
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 °С в зависимости от тепловой выдержки [77]

Термообработка	Тепловая выдержка		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КС, Дж/см <sup>2</sup>
	$t$ , °С	$\tau$ , ч					
Отжиг при 900 °С	450	10000	245	490	23	35	39
	500		220	475	26	47	49

### Ударная вязкость КСУ [81]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-20	-40
Без термообработки	48	13	7

### Предел выносливости [77]

$\sigma_{-1}$ , МПа	Характеристики прочности
206	$\sigma_B = 440$ МПа, $\sigma_{0,2} = 235$ МПа; <i>HV</i> 124–151

Примечание.  $\sigma_{1/100000}^{400} = 108$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{500} = 78$  МПа;  $\sigma_{1/1000000}^{400} = 69$  МПа;  $\sigma_{1/1000000}^{400} = 150$  МПа;  $\sigma_{1/1000000}^{450} = 93$  МПа;  $\sigma_{1/1000000}^{500} = 47$  МПа.

### Технологические свойства [81]

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой и ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,25$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1$  в термообработанном состоянии при *HV* 160.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпусковой хрупкости – не склонна.

### Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С	1490–1504
Показатель трещиностойчивости $K_{T,y}$	1,0
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{y,p}$	1,0
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$	1,0
Линейная усадка, %	2,2–2,3
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{y,п}$	1,0

### Сталь 30Л

Заменитель – стали 25Л, 35Л.

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88.

Назначение – рычаги, балансиры, корпуса редуктора, муфты, шкивы, кронштейны, детали сварно-литых конструкций, чаши и конусы засыпных аппаратов, станины, балки, опорные кольца, бандажи, маховики и другие детали, работающие под действием средних статических и динамических нагрузок.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
735	813	796	677

### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
			не более				
0,27–0,35	0,40–0,90	0,20–0,52	0,30	0,30	0,30	0,045	0,04

## Механические свойства (ГОСТ 977-88)

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
		не менее				
Нормализация при 880-900 °С; отпуск при 610-630 °С Закалка с 860-880 °С; отпуск при 610-630 °С	До 100	260	480	17	30	35
		300	500	17	30	35

### Механические свойства в зависимости от сечения литой заготовки

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Без термообработки [90]</i>						
40	-	245	460	12	22	33
80	-	245	470	12	17	28
120	-	245	470	12	19	31
<i>Отжиг при 900 °С; нормализация при 900 °С; отпуск при 600 °С [767]</i>						
170	Ц	230	430	25	35	57
	Кк	255	480	28	44	59
<i>Нормализация при 900 °С; отпуск при 580 °С [166]</i>						
400	Ц	310-320	530-535	14-16	20-21	30-36
	К	320-330	545-550	20-25	28-30	57-66
<i>Нормализация при 900 °С; закалка с 800 °С; отпуск при 680 °С [166]</i>						
400	Ц	320-340	540-560	16-17	27-31	39-43
	К	320-330	545-550	20-25	28-30	74-88

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 215$  МПа при  $\sigma_{0,2} = 140$  МПа,  $\sigma_b = 640$  МПа и *НВ* 187 [161].

### Технологические свойства [81]

Свариваемость — ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,25$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 1,0$  в отожженном состоянии при *НВ* 160.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С .....	1490-1504
Показатель трещиностойчивости $K_{тв}$ .....	1,0
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{у,р}$ .....	1,0
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$ .....	1,0
Линейная усадка, % .....	2,2-2,3
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{у,ц}$ .....	1,0

## Сталь 35Л

Заменитель — стали 30Л, 40Л, 45Л.

Вид поставки — отливки ГОСТ 977-88.

Назначение – станины прокатных станков, зубчатые колеса, тяги, бегунки, задвижки, балансиры, диафрагмы, катки, валки, кронштейны и другие детали, работающие под действием средних статических и динамических нагрузок.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
730	802	795	691

### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
			не более				
0,32–0,40	0,40–0,90	0,20–0,52	0,30	0,30	0,30	0,045	0,04

### Механические свойства (ГОСТ 977–88)

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
Нормализация при 860–880 °С; отпуск при 600–630 °С	До 100	280	500	15	25	35	–
Закалка с 860–880 °С; отпуск при 600–630 °С	До 100	350	550	16	20	30	–
Отжиг при 850 °С, охл. с печью	30	255	530	14	34	49	146
Отжиг при 950 °С, охл. с печью				22	39	64	143

### Механические свойства в зависимости от сечения литой заготовки [131]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
<i>Нормализация при 860–880 °С, охл. на воздухе до 300–350 °С, затем выдержка 2 ч при 300–350 °С; отпуск при 600–620 °С, выдержка 3 ч, охл. 1 ч в печи до 500 °С, затем на воздухе</i>							
10	Ц	235–275	550–590	22–28	28–43	50–78	143–156
30		235–295	540–570	23–28	33–42	57–66	137–156
50		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	34–54	136–156
200	Ц	275–295	530–550	13–18	14–28	98–131	163–170
	К	295–310	560–590	17–27	19–40	101–117	163–196
<i>После нормализации и отпуска закалка с 860–870 °С в масле; отпуск при 620–630 °С, выдержка 3 ч, охл. на воздухе</i>							
10	Ц	330–370	620–660	24–28	44–49	73–94	162–206
30		365–400	610–640	23–29	47–57	83–103	156–187
50		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
	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
	К	300–335	550–600	18–26	25–36	68–98	156–170

### Ударная вязкость KCU [131]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	–20	–40	–	–60
Без термообработки	28	14	10	8	–
Отжиг при 860 °С	37	28	26	18	–
	57–66	31–50	23–45	–	10–34

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	-20	-40	-	-60
Нормализация при 860–880 °С, охл. на воздухе до 300–350 °С, затем выдержка 2 ч при 300–350 °С; отпуск при 600–620 °С, выдержка 3 ч, охл. 1 ч в печи до 500 °С, затем на воздухе	57–66	31–50	23–45	-	10–34
После нормализации и отпуска закалка с 860–870 °С в масле; отпуск при 620–630 °С, выдержка 3 ч, охл. на воздухе	83–104	41–87	50–69	-	43–61

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 216$  МПа при  $\sigma_{0,2} = 270$  МПа,  $\sigma_b = 490$  МПа, НВ 137–166 [162].

### Технологические свойства [81]

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,2$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,9$  в термообработанном состоянии при НВ 160.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

### Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С	1480–1490
Показатель трещиностойчивости $K_{T,y}$	0,8
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{y,p}$	1,2
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$	1,0
Линейная усадка, %	2,2–2,3
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{y,п}$	1,0

### Сталь 40Л

Заменитель – сталь 45Л.

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88.

Назначение – станины, корпуса, муфты, тормозные диски, шестерни, кожухи, звездочки и другие детали, работающие при температурах до 400 °С.

### Температура критических точек, °С [84]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
726	790	728	689

### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
			не более				
0,37–0,45	0,40–0,90	0,20–0,52	0,30	0,30	0,30	0,045	0,04

## Механические свойства в сечениях до 100 мм (ГОСТ 977-88)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Нормализация при 860–880 °С; отпуск при 600–630 °С	300	530	14	25	29
Закалка с 860–880 °С; отпуск при 600–630 °С	350	550	14	20	24

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 225$  МПа при  $\sigma_{0,2} = 290$  МПа,  $\sigma_b = 520$  МПа, НВ 146–173 [162].

### Технологические свойства [81]

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v\text{ тв.спл}} = 1,1$  и  $K_{v\text{ б.ст}} = 1,0$  в термообработанном состоянии при НВ 200.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

### Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С ..... 1480–1490

Показатель трещиностойчивости  $K_{т.у}$  ..... 0,8

Склонность к образованию усадочной раковины  $K_{у.р}$  ..... 1,2

Жидкотекучесть  $K_{ж.т}$  ..... 1,0

Линейная усадка, % ..... 2,2–2,3

Склонность к образованию усадочной пористости  $K_{у.п}$  ..... 1,0

## Сталь 45Л

Заменитель – стали 35Л, 55Л, 50Л, 40Л.

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88.

Назначение – станины, зубчатые колеса и венцы, тормозные диски, муфты, кожухи, опорные катки, звездочки и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и высокого сопротивления износу и работающие под действием статических и динамических нагрузок.

### Температура критических точек, °С [84]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$
725	770	720	690

### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

С	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
			не более				
0,42–0,50	0,40–0,90	0,20–0,52	0,30	0,30	0,30	0,045	0,04

## Механические свойства в сечениях до 100 мм (ГОСТ 977–88)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HRC <sub>3</sub> , HB
	не менее					
Нормализация при 860–880 °С; отпуск при 600–630 °С	320	550	12	20	29	–
Закалка с 860–880 °С; отпуск при 550–600 °С	400	600	10	20	24	–
Нормализация при 860–880 °С; отпуск при 630–650 °С	290	520	10	18	24	HB 148–217
Закалка ТВЧ, низкий отпуск, охл. в воде	–	–	–	–	–	HRC <sub>3</sub> 42–56*1

\*1 Поверхности.

## Механические свойства отливок сечением 100 и в зависимости от температуры отпуска [84]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
200	1810	–	–	3	550
300	1670	2	3	6	500
400	1390	4	9	10	450

Примечание. Закалка с 830 °С в масле

## Предел выносливости [161]

$\sigma_{-1}$ , МПа	Характеристики прочности
229	$\sigma_{0,2} = 310$ МПа, $\sigma_b = 660$ МПа, HB 187
245	$\sigma_{0,2} = 340$ МПа, $\sigma_b = 640$ МПа, HB 179
274	$\sigma_{0,2} = 475$ МПа, $\sigma_b = 730$ МПа, HB 207

## Технологические свойства [81]

Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки: РДС, необходимы подогрев и последующая термообработка.

Обработываемость резанием –  $K_{v.тв.спл} = 1,1$  и  $K_{v.б.ст} = 0,7$  в отожженном состоянии при HB 200.

Флокообразность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

## Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С .....	1480–1490
Показатель трещиностойчивости $K_{т.у}$ .....	0,8
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{у.р}$ .....	1,2
Жидкотекучесть $K_{ж.т}$ .....	1,0
Линейная усадка, % .....	2,2–2,3
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{у.п}$ .....	1,0



## Сталь 50Л

Заменитель — сталь 55Л.

Вид поставки — отливки ГОСТ 977—88.

Назначение — шестерни, бегунки, колеса, зубчатые колеса подъемно-транспортных машин, валки крупно-, средне- и мелкосортных станков для прокатки мягкого металла. Сталь применяется в нормализованном или улучшенном состоянии и после поверхностного упрочнения с нагревом ТВЧ.

### Химический состав, % (ГОСТ 977—88)

С	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
			не более				
0,47—0,55	0,40—0,90	0,20—0,52	0,30	0,30	0,30	0,045	0,040

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
			не менее					
ГОСТ 977—88	Нормализация при 860—880 °С; отпуск при 600—630 °С	До 100	340	580	11	20	24	—
	Закалка с 860—880 °С; отпуск при 600—630 °С	До 100	400	750	14	20	29	—
[131]	Отжиг при 850—870 °С, охл. с печью; нормализация при 870—880 °С; отпуск при 600—650 °С, охл. на воздухе	30	335	570	11	20	24	174

### Механические свойства в зависимости от сечения литой заготовки [131]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
<i>После нормализации и отпуска закалка с 860—870 °С в масле; отпуск при 620—630 °С, выдержка 3 ч, охл. на воздухе</i>							
10	Ц	295—355	650—680	15—21	13—27	—	—
30	Ц	290—325	650—690	15—19	19—25	34—60	170—187
50	Ц	265—275	610—630	16—21	19—28	25—36	162—170
100	Ц	270—360	620—710	13—15	14—17	45—59	229
100	К	280—340	630—710	14—17	13—19	41—61	206—229
<i>После нормализации и отпуска закалка с 860—870 °С в масле; отпуск при 620—630 °С, выдержка 3 ч, охл. на воздухе</i>							
10	Ц	480—530	760—780	16—21	36—41	34—48	216—229
30	Ц	420—475	720—770	18—27	28—50	40—59	216—229
50	Ц	400—440	710—750	16—24	28—48	54—56	206—229
100	Ц	395—440	710—750	18—21	22—47	44—54	229
100	К	420—470	750—760	19—23	36—56	34—44	216—229
200	Ц	375—390	680—710	12—18	19—24	44—54	229
200	К	375—430	670—750	17—23	19—36	32—61	206

## Ударная вязкость отливок сечением 30 мм КСУ [131]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Нормализация при 860–880 °С, охл. на воздухе до 300–350 °С, выдержка 2 ч; отпуск при 600–620 °С, выдержка 3 ч	34–60	6–11	6–12	10–23
После нормализации и отпуска закалка с 860–870 °С в масле; отпуск при 620–630 °С, выдержка 3 ч, охл. на воздухе	40–59	28–39	19–31	10–23

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 245$  МПа при  $\sigma_{0,2} = 330$  МПа,  $\sigma_b = 570$  МПа, *HV* 156–190 [162].

### Технологические свойства [131]

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Требуется предварительного нагрева и последующей термообработки.

### Литейные свойства [131]

Температура начала затвердевания, °С .....	1490
Показатель трещиностойчивости $K_{т,у}$ .....	0,5
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{у,р}$ .....	1,1
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$ .....	1,1–1,2
Линейная усадка, % .....	1,9

## Сталь 55Л

Заменитель – сталь 50Л.

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88.

Назначение – зубчатые колеса и муфты подъемно-транспортных машин, ходовые колеса, бегунки, зубчатые сектора и венцы, полумуфты, скаты, втулки зубчатых муфт и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной твердости.

### Температура критических точек, °С [81]

$A_{с1}$	$A_{с3}$	$A_{г3}$	$A_{г1}$
725	770	755	690

### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

С	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
			не более				
0,52–0,60	0,40–0,90	0,20–0,52	0,30	0,30	0,30	0,045	0,04

## Механические свойства в сечениях до 100 мм (ГОСТ 977-88)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Нормализация при 840-860 °С; отпуск при 600-630 °С	350	600	10	18	24
Закалка с 790-810 °С; отпуск при 580-600 °С	470	860	15	20	24

## Твердость стали после термообработки [104, 81]

Термообработка	Твердость HRC <sub>3</sub> поверхности
Закалка ТВЧ с 830-870 °С, охл. эмульсией; отпуск при:	
160-180 °С, охл. на воздухе	56
350-400 °С, охл. в воде	42-49
500-550 °С, охл. в воде	32-42

## Ударная вязкость КСУ [81]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	-20	-30	-40	-50
Без термообработки	8	7	7	7	6
Нормализация при 850 °С; отпуск при 550-600 °С	29	17	12	-	8

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 255$  МПа при  $\sigma_{0,2} = 340$  МПа,  $\sigma_b = 590$  МПа, HB 170-199 [162].

## Технологические свойства [81]

Свариваемость — трудносвариваемая. Способ сварки: РДС, необходимы подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,70$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,55$  в термообработанном состоянии при HB 196-207 и  $\sigma_{0,2} = 590$  МПа.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

## Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С.....	1406-1476
Показатель трещиностойчивости $K_{т,у}$ .....	0,6
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{у,р}$ .....	1,3
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$ .....	0,9
Линейная усадка, %.....	2,2-2,3
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{у,п}$ .....	1,0

## Сталь 35ГЛ

Заменитель — стали 40Л, 45Л, 40Г.

Вид поставки — отливка ГОСТ 977-88.

Назначение — диски, звездочки, зубчатые венцы, барабаны, шкивы, крестовины, траверсы, ступицы, вилки, решетчатые стрелы и другие тяжелонагруженные детали экскаватора, крышки подшипников, цапфы,

Температура критических точек:  $A_c = 730$  °С,  $A_c3 = 800$  °С.

### Химический состав, % (ГОСТ 977-88)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,30-0,40	1,20-1,60	0,20-0,40	0,04	0,04	0,30	0,30	0,30

### Механические свойства (ГОСТ 977-88)

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
		не менее				
Нормализация при 880-900 °С; отпуск при 600-650 °С Закалка с 850-860 °С; отпуск при 600-650 °С	До 100	300	550	12	20	30
		350	600	14	30	50

### Ударная вязкость KCU [186, 175]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
Нормализация при 900 °С; отпуск при 650 °С	80	71	41	16
Отжиг при 880-900 °С, 3 ч, охл. в печи; нормализация при 880-900 °С, 2-3 ч; отпуск при 650 °С, 2-3 ч, охл. на воздухе	52	-	29	29

### Технологические свойства [81]

Свариваемость — ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка. Обрабатываемость резанием —  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,75$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,55$  в отожженном состоянии при НВ202-207.

Флокеночувствительность — не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости — не склонна.

### Литейные свойства

Температура начала затвердевания, °С .....	1497-1508
Показатель трещиностойчивости $K_{T,y}$ .....	0,9
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{y,p}$ .....	1,1
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$ .....	0,9
Линейная усадка, % .....	2,2-2,4
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{y,п}$ .....	1,0

### Сталь 30ГСЛ

Заменитель — стали 20ГСЛ, 25ГСЛ, 40ХЛ.

Вид поставки — отливки ГОСТ 977-88.

Назначение — зубчатые колеса, ролики, обоймы, зубчатые венцы, рычаги, фланцы, шкивы, сектора, колонны, ходовые колеса и другие детали.

### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

С	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,25–0,35	1,10–1,40	0,60–0,80	0,040	0,040	0,30	0,30	0,30

### Механические свойства (ГОСТ 977–88)

Термообработка	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
		не менее				
Нормализация при 870–890 °С; отпуск при 570–600 °С	До 100	350	600	14	25	29
Закалка с 920–950 °С; отпуск при 570–650 °С		400	650	14	30	49

### Технологические свойства [82]

Свариваемость – способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой, ЭШС. Не-  
обходимы подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v\text{тв.спл}} = 1,0$  и  $K_{v\text{б.ст}} = 0,8$  при *HV* 156.

Флокочувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

### Литейные свойства [110]

Температура начала затвердевания, °С .....	1487
Показатель трещиностойчивости $K_{т.у}$ .....	1,0
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{у.р}$ .....	1,2
Жидкотекучесть $K_{ж.т}$ .....	0,9
Линейная усадка, % .....	2,2–2,3
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{у.п}$ .....	1,0

### Сталь 20ФЛ

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88.

Назначение – крупногабаритные детали грузовых вагонов: корпус автосцепки,  
тяговый хомут, надрессорная балка и боковая рама тележки.

### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

С	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	V
			не более					
0,14–0,25	0,70–1,20	0,20–0,52	0,05	0,05	0,30	0,30	0,30	0,06–0,12

### Механические свойства

Источник	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>
			не менее				
ГОСТ 977-88 [25]	Нормализация при 920-960 °С; отпуск при 600-650 °С	До 100	300	500	18	35	50
	Без термообработки	6	355	610	22	47	-
	Нормализация при 940 °С		320	550	29	62	-
	Нормализация при 940 °С; отпуск при 650 °С		355	530	27	59	-
	Нормализация: при 1170 °С и при 940 °С; отпуск при 650 °С		405	620	25	58	-
	Термоциклирование: нормализация при 1070 °С, охл. на воздухе; отпуск при 520 °С, охл. на воздухе; нормализация при 870 °С, охл. на воздухе; отпуск при 520 °С, охл. на воздухе; нормализация при 850 °С		440	635	25	56	-

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 245$  МПа при  $n = 10^7$ ,  $\sigma_{0,2} = 350$  МПа;  $\sigma_b = 550$  МПа [73].

### Сталь 45ФЛ

Вид поставки — отливка ГОСТ 977-88. Назначение — для деталей машиностроения.

#### Химический состав, % (ГОСТ 977-88)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	V
			не более					
0,42-0,50	0,40-0,90	0,20-0,52	0,30	0,30	0,30	0,045	0,04	0,06-0,15

### Механические свойства

Источник	Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>
			не менее				
ГОСТ 977-88	Нормализация при 880-900 °С; отпуск при 600-650 °С	До 100	400	600	12	20	30
	Закалка с 880-900 °С; отпуск при 600-650 °С	До 100	500	700	12	20	30
[67]	Нормализация при 940 °С, выдержка 3,5 ч, охл. на воздухе	-	580	710	18	26	36

## Твердость образцов в зависимости от температуры отпуска [64]

$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	Твердость HRC <sub>a</sub>	$t_{отп.}, ^\circ\text{C}$	Твердость HRC <sub>a</sub>
Закалка с 850 °С в воде, выдержка 20 мин; выдержка при отпуске 1 ч		Закалка с 900 °С в воде, выдержка 20 мин; выдержка при отпуске 1 ч	
400	53	400	55
500	44	500	45
600	37	600	37
650	28	650	30

### Сталь 40ХЛ

Заменитель – стали 30ГСЛ, 35ГСЛ.

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88.

Назначение – бандажи, секции венца вагоноопрокидывателя, зубчатые колеса и другие детали, требующие повышенной твердости, а также фасонные отливки небольших размеров сложной конфигурации, изготавливаемые по выплавляемым моделям.

#### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

С	Mn	Si	Cr	P	S	Ni	Cu
				не более			
0,35–0,45	0,40–0,90	0,20–0,40	0,80–1,10	0,040	0,040	0,30	0,30

#### Механические свойства в сечениях до 100 мм (ГОСТ 977–88)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 850–860 °С; отпуск при 600–650 °С	500	650	12	25	40

#### Механические свойства в зависимости от сечения литой заготовки [131]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
10	Ц	530–560	630–740	19–21	39–46	86–98	206–229
30	Ц	510–530	690–740	13–23	33–51	57–94	206–229
50	Ц	430–490	710–740	15–20	21–48	67–94	206–229
100	Ц	405–540	700–730	20–24	35–47	49–69	206–229
100	К	425–550	710–760	17–23	31–53	43–64	197–229
200	Ц	390–450	710–760	17–20	31–50	45–59	206
200	К	390–440	710–760	17–21	28–48	43–71	196–229

П р и м е ч а н и е. Нормализация при 880–890 °С, охл. на воздухе до 250–300 °С, выдержка 2 ч при 250 °С, нагрев до 600–610 °С, охл. на воздухе; закалка с 870–880 °С в масле; отпуск при 630–640 °С, охл. на воздухе.

#### Ударная вязкость KCU отливок сечением 30 мм

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	–20	–40	–60	–80
Нормализация при 880–890 °С, охл. на воздухе до 250–300 °С, выдержка 2 ч при 250 °С, нагрев до 600–610 °С, охл. на воздухе; закалка с 870–880 °С в масле; отпуск при 630–640 °С, охл. на воздухе	57–94	47–58	20–60	20–38	12–30

### Технологические свойства [81]

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС в ЭШС. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием –  $K_{у\text{ тв.спл}} = 1,1$  и  $K_{у\text{ б.ст}} = 0,6$  в закаленном и отпущенном состоянии при  $HV\ 196-207$  и  $\sigma_b = 620$  МПа.

Флокеночувствительность – малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

### Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С	1497–1508
Показатель трещиностойчивости $K_{p,y}$	0,9
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{y,p}$	1,1
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$	0,6
Линейная усадка, %	2,2–2,3
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{y,п}$	1,0

### Сталь 20ХГСФЛ

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88.

Назначение – литые, сварно-литые детали машин в северном исполнении, гидравлические коробки.

### Температура критических точек, °С [21]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
740–750	850–920	750–770	500–600	365–380

### Химический состав, % (ТУ 24-1-12-181–75)

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	V
				не более			
0,14–0,21	0,50–0,80	0,90–1,30	0,30–0,60	0,40	0,030	0,035	0,07–0,13

### Механические свойства [83]

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		Твердость НВ
					+20	–40	
Закалка с 900–920 °С, отпуск при 650–670 °С	450	600	14	25	40	30	187–241
Нормализация при 900–920 °С; отпуск при 630–650 °С	320	500	18	30	50	35	143–187

Примечание. Отливки сечением до 100 мм.

### Технологические свойства [83]

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.



### Прокаливаемость

Термообработка	Твердость $HRC_3$	Расстояние от охлаждаемого торца, мм
Закалка в воде	30	12

### Литейные свойства [21]

Линейная усадка 1,5–2,5 %.

### Сталь 30ХГФРЛ

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88. Назначение – зубчатые колеса, шестерни, блоки.

### Температура критических точек, °С [21]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3}$	$A_{r1}$	$M_n$
750–760	845–855	720–855	425–675	320–370

### Химический состав, % (ТУ 24.00.001–79)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P	V	Твердость $HB$
				не более					
0,28–0,36	0,20–0,60	0,80–1,25	0,50–0,90	0,30	0,30	0,040	0,040	0,05–0,10	0,004 (по расчету)

### Механические свойства (ТУ 24.00.001–79)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость $HB$
	не менее					
Закалка с 900–920 °С; отпуск при 650–670 °С	500	700	12	25	40	196–255

Примечание. Отливки сечением до 100 мм.

### Технологические свойства [83]

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

### Прокаливаемость

Термообработка	Твердость $HRC_3$	Расстояние от охлаждаемого торца, мм
Закалка	41,5	30

### Литейные свойства [21]

Линейная усадка 1,5–2,0 %.

## Сталь 30ХГСФЛ

Заменитель – сталь 35ХНЛ.

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88, ТУ 24.00.001–79.

Назначение – шестерни, зубчатые колеса и другие детали машиностроения.

### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

С	Mn	Si	Cr	P	S	Ni	Cu	V
				не более				
0,25–0,35	1,00–1,50	0,40–0,60	0,30–0,50	0,050	0,050	0,30	0,30	0,06–0,12

### Механические свойства в сечениях до 100 мм

Источник	Термообработка	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU
		не менее				
		МПа	МПа			Дж/см <sup>2</sup>
ГОСТ 977–88	Нормализация при 900–930 °С; отпуск при 600–650 °С	400	600	15	25	35
	Закалка с 900–920 °С; отпуск при 630–670 °С	600	800	14	25	45
[66]	Закалка с 900–920 °С в масле; отпуск при 640–680 °С, выдержка 5 ч, охл. на воздухе	670	830	18	39	82

### Ударная вязкость KCU

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	–40	–60
Нормализация [48]	–	33	–
Закалка с 900–920 °С в масле; отпуск при 640–680 °С, выдержка 5 ч, охл. на воздухе [66]	82	–	44

### Предел выносливости

$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$
402	10 <sup>5</sup>
333	10 <sup>5</sup>
333	10 <sup>7</sup>

## Сталь 35ХГСЛ

Заменитель – стали 25ХГСЛ, 55Л, 30ГС, 40Г2.

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88.

Назначение – зубчатые колеса, звездочки, оси, валы, муфты и другие ответственные детали, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости.

### Температура критических точек, °С [81]

A <sub>C1</sub>	A <sub>C3</sub>	A <sub>r3</sub>	A <sub>r1</sub>
765	840	710	720

### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

C	Mn	Si	Cr	P	S	Ni	Cu
				не более			
0,30–0,40	1,0–1,30	0,60–0,80	0,60–0,90	0,040	0,040	0,30	0,30

### Механические свойства

Источник	Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
			не менее				
ГОСТ 977–88	Нормализация при 870–890 °С; отпуск при 570–600 °С Закалка с 870–880 °С; отпуск при 630–670 °С	До	350	600	14	25	30
		100	600	800	10	20	40
[131]	Отжиг при 850–870 °С, охл. с печью или на воздухе	30	295	590	20	40	–

### Механические свойства отливок сечением 30 мм при повышенных температурах [131]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Нормализация при 870–890 °С; отпуск при 570–600 °С</i>					
20	445–460	725–810	18–22	33–44	30–53
100	390–435	700–780	12–17	30–48	–
200	350–420	680–750	10–16	19–44	–
300	395–440	730–790	12–22	24–49	–
400	380–425	640–680	19–23	56–68	–
500	335–370	475–500	24–33	68–74	–
<i>Закалка с 870–890 °С в масле; отпуск при 630–670 °С</i>					
20	620–650	800–820	14–18	23–36	28–40
100	560–630	720–780	12–16	31–49	–
200	520–590	700–770	9–16	25–51	–
300	545–610	720–830	9–16	12–39	–
400	500–680	640–680	10–22	31–66	–
500	435–525	470–640	19–30	44–84	–

### Ударная вязкость KCU [131]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	–20	–40	–60
Нормализация при 870–890 °С; отпуск при 570–600 °С	30–53	8–58	8–29	6–18
Закалка с 870–890 °С в масле; отпуск при 630–670 °С	28–40	10–22	8–19	6–14

### Технологические свойства [81]

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способ сварки: РДС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Флокеночувствительность – малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

### Литейные свойства

Температура начала затвердевания, °С	1486–1495
Показатель трещиностойчивости $K_{T.Y.}$	0,7
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{y.p.}$	1,1
Жидкотекучесть $K_{ж.т.}$	0,9

Линейная усадка, % ..... 2,2–2,3  
 Склонность к образованию усадочной пористости  $K_{y,п}$  ..... 1,0

### Сталь 35ХМЛ

Заменитель – стали 30ХМЛ, 35ХНЛ, 40ХГРЛ.

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88.

Назначение – шестерни, крестовины, втулки, зубчатые венцы и другие детали, работающие с повышенными нагрузками и требующие повышенной твердости.

#### Температура критических точек, °С [81]

$A_{c1}$	$A_{c3}$	$A_{r3,t}$	$A_{r1}$
757	802	750	693

#### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

C	Mn	Si	Cr	P	S	Ni	Cu	Mo
				не более				
0,30–0,40	0,40–0,90	0,20–0,40	0,80–1,10	0,040	0,040	0,30	0,30	0,20–0,30

#### Механические свойства в сечениях до 100 мм

Источник	Состояние поставки	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
		не менее					
ГОСТ 977–88	Нормализация при 860–880 °С; отпуск при 600–650 °С	400	600	12	20	30	–
	Закалка с 860–870 °С; отпуск при 600–650 °С	550	700	12	25	40	–
[81]	Отжиг при 850–870 °С, охл. с печию	–	–	–	–	–	160–229

#### Механические свойства в зависимости от сечения литой заготовки [131]

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
<i>Нормализация при 880–890 °С; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе</i>						
10	520–590	754–840	13–18	30–43	43–72	229–255
30	500–520	730–750	15–22	32–44	–	229
50	445–530	730–790	14–19	23–45	44–48	216–255
100	390–450	690–750	13–19	22–53	44–75	216–255
200	300–330	640–660	11–15	19–23	38–60	206
<i>Отжиг при 880–890 °С, охл. на воздухе до 250–300 °С, выдержка 2 ч при 250 °С, нагрев до 600–610 °С, охл. на воздухе; закалка с 870–880 °С в масле; отпуск при 630–640 °С, охл. на воздухе</i>						
10	640–740	810–870	12–15	36–44	84–160	255–285
50	495–580	740–780	15–17	28–44	–	–

## Механические свойства отливок сечением 30 мм при повышенных температурах [131]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
100	400–500	640–700	12–19	25–47
200	440–490	640–690	12–16	23–49
300	450–590	680–780	9–14	17–41
400	410–530	650–720	12–20	36–62
500	345–425	445–550	17–21	51–74

Примечание. Нормализация при 920–930 °С; отпуск при 580–600 °С, охл. 1 ч с печью, затем на воздухе.

## Механические свойства отливок сечением 30 мм в зависимости от температуры отпуска [38]

$t_{отп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
600	740	880	22	52	78	250
650	700	830	26	55	108	238
700	640	760	32	60	–	225

Примечание. Закалка.

## Ударная вязкость КСУ отливок сечением 30 мм при отрицательных температурах [131]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	–20	–40	–60	–80
Нормализация при 880–890 °С; отпуск при 600 °С, охл. на воздухе	30–44	24–38	9–30	12–19

## Технологические свойства

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка [131].

Обрабатываемость резанием –  $K_{v\text{ тв.стл}} = 0,8$  и  $K_{v\text{ б.ст}} = 0,76$  в термообработанном состоянии при НВ 174–179 и  $\sigma_b = 640$  МПа [81].

Флокеночувствительность – чувствительна [81].

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна [81].

## Литейные свойства

Температура начала затвердевания, °С	1486–1498
Показатель трещиностойчивости $K_{т.у}$	0,8
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{у.р}$	1,1
Жидкотекучесть $K_{ж.т}$	1,0
Линейная усадка, %	2,2–2,3
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{у.п}$	1,0

## Сталь 35ХМФЛ

Вид поставки – отливки ТУ 24.00.001–79.

Назначение – для изготовления деталей вагоностроения, металлургического оборудования и других деталей тяжелого и транспортного машиностроения.

### Химический состав, % (ТУ 24.00.001–79)

C	Mn	Si	Cr	P	S	Ni	Cu	Mo	V
				не более					
0,30–0,40	0,40–0,90	0,20–0,40	0,80–1,10	0,040	0,040	0,30	0,30	0,08–0,12	0,06–0,12

### Механические свойства в сечениях до 100 мм (ТУ 24.00.001–79)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Нормализация при 920 °С; отпуск при 640–700 °С	410	620	12	20	34
Закалка с 910 °С; отпуск при 640–680 °С	540	690	12	25	44

### Ударная вязкость KCU [65]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
	+20	–60
Закалка с 910 °С; отпуск при 650 °С	61	25

### Литейные свойства [65]

Температура начала затвердевания, °С..... 1560–1600  
 Линейная усадка, %..... 2,1

## Сталь 32Х06Л

Вид поставки – отливка ГОСТ 977–88.

Назначение – кронштейны, балансиры, катки и другие ответственные детали с толщиной стенки до 50 мм и общей массой детали до 80 кг. Различные детали вагоностроения.

### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

C	Mn	Si	Cr	P	S	Ni	Cu
				не более			
0,25–0,35	0,40–0,90	0,20–0,40	0,50–0,80	0,050	0,050	0,30	0,30

### Механические свойства в сечениях до 100 мм (ГОСТ 977–88)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 890–910 °С; отпуск при 620–660 °С	450	650	10	20	50

## Механические свойства в зависимости от сечения литой заготовки [131]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
30	Ц	450–515	620–720	16–22	24–51	88–138	206–229
50	Ц	390–455	680–700	17–22	36–48	55–98	187–229
100	Ц	390–495	660–700	12–22	22–51	47–92	187–206
100	К	430–490	660–710	17–22	39–58	40–98	170–216
200	Ц	365–500	690–710	13–17	21–36	69–98	170
200	К	370–430	700–760	9–19	19–46	62–98	170

Примечание. Отжиг при 880–890 °С, охл. на воздухе до 250–300 °С, выдержка 2 ч при 250 °С; нагрев до 600–610 °С; закалка с 910–920 °С в масле; отпуск при 580–590 °С, охл. на воздухе.

### Ударная вязкость KCU

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	-20	-40	-60	-80
<i>Отливка сечением 80 мм</i>					
Отжиг при 880–890 °С, охл. на воздухе до 250–300 °С; выдержка 2 ч при 250 °С, нагрев до 600–610 °С, охл. на воздухе; закалка с 910–920 °С в масле; отпуск при 580–590 °С, охл. на воздухе [131]	88–138	30–84	10–58	9–35	4–39
<i>Отливка сечением 20 мм</i>					
Нормализация при 900 °С, выдержка 2–2,5 ч [80]	51	22	13	8	–
Закалка в воде; отпуск при 650 °С, охл. в воде [80]	80	70	67	58	–

Примечание. Предел выносливости  $\sigma_{-1} = 172$  МПа при  $n = 10^6$ ,  $\sigma_b = 490$  МПа [80].

### Технологические свойства

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Требуется предварительный нагрев и последующая термообработка. Способ сварки: РДС [131].

Флокеночувствительность – не чувствительна [81].

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна [81].

### Литейные свойства [131]

Температура начала затвердевания, °С	1500
Показатель трещиностойчивости $K_{т.у.}$	0,2
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{у.р.}$	0,8
Жидкотекучесть $K_{ж.т.}$	1,6
Линейная усадка, %	1,8

## Сталь 08ГДНФЛ

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88.

Назначение – сварно-литые и комбинированные конструкции, ответственные детали, к которым предъявляются требования высокой вязкости и достаточной прочности, работающие при температурах от –60 до 350 °С.

### Температура критических точек, °С [131]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
690	873	730	585

### Химический состав, % (ГОСТ 977-88)

C не более	Mn	Si	Ni	V	Cu	Cr	P	S
						не более		
0,10	0,60-1,0	0,15-0,40	1,15-1,55	0,06-0,15	0,80-1,20	0,30	0,035	0,035

### Механические свойства в сечениях до 100 мм (ГОСТ 977-88)

Термообработка	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Нормализация при 930-970 °С или при 920-950 °С; отпуск при 590-650 °С	350	450	18	30	50

### Механические свойства в зависимости от сечения литой заготовки [131]

Сечение, мм	Место вырезки образца	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
<i>Нормализация при 920-930 °С, охл. на воздухе;</i>							
<i>отпуск при 580-600 °С, охл. 1 ч с печью, затем на воздухе</i>							
10	Ц	410-460	540-620	22-31	57-74	174-206	170-178
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
	K	395-400	500-510	28-36	58-72	191-251	156-170
<i>Нормализация при 900-920 °С, охл. на воздухе; отпуск при 600-650 °С</i>							
20	Ц	400-445	510-540	14-29	42-63	74-117	-
40	Ц	395-465	475-570	13-29	39-71	82-166	-
<i>Нормализация при 930-970 °С, охл. на воздухе;</i>							
<i>нормализация при 900-920 °С, охл. на воздухе; отпуск при 600-650 °С</i>							
100	Ц	385-425	500-550	12-22	25-39	81-115	-
	K	390-425	510-540	21-29	35-63	90-169	-
175	Ц	380	480	20	37	159	-
	K	380-390	480-490	30	52-57	175-190	-
250	Ц	380-390	490-495	17-18	23-30	35-48	-
	K	395-400	510	25-27	48-51	107-112	-

### Механические свойства отливок сечением 30 мм при повышенных температурах [131]

t <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %
100	355-450	450-560	21-28	60-72
200	345-410	460-540	18-22	54-68
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

Примечание. Нормализация при 920-930 °С; отпуск при 580-600 °С, охл. 1 ч с печью, затем на воздухе.

### Ударная вязкость KCU отливок сечением 30 мм [131]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	-20	-40	-60	-80
Нормализация при 920-930 °С; отпуск при 580-600 °С, охл. 1 ч с печью, затем на воздухе	186-220	71-176	68-169	43-51	6-18



## Технологические свойства [81]

Свариваемость – сваривается без ограничений. Способ сварки: РДС. При значительном объеме сварки рекомендуется последующий отпуск.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

## Литейные свойства [131]

Температура начала затвердевания, °С .....	1515
Показатель трещиностойчивости $K_{T,y}$ .....	0,8
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{y,p}$ .....	1,0
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$ .....	1,8
Линейная усадка, % .....	2,1

## Сталь 12ДН2ФЛ

Заменитель – сталь 08Н6Г4МЛ.

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88.

Назначение – сварно-литые и комбинированные конструкции, ответственные нагруженные детали, к которым предъявляются требования достаточной прочности и вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок при температуре до 400 °С.

## Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	V	Cu
			не более					
0,08–0,16	0,40–0,90	0,20–0,40	0,035	0,035	0,30	1,80–2,20	0,08–0,15	1,20–1,50

## Механические свойства в сечениях до 100 мм (ГОСТ 977–88)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Нормализация при 910–930 °С; отпуск при 530–580 °С	550	650	12	20	30
Нормализация при 940–950 °С; закалка при 890–910 °С; отпуск при 560–600 °С	650	800	12	25	40

## Механические свойства в зависимости от сечения литой заготовки [131]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
10	Ц	490–540	630–660	21–27	55–64	73–171	187–196
30	Ц	510–550	610–670	25–26	49–62	80–123	187–196
100	Ц	500–510	620–640	23–27	48–64	91–134	187–206
200	К	500–510	600–630	23–26	46–54	95–113	–
	Ц	490–510	500–610	11–16	19–36	126–184	196–206
	К	500–520	570–640	9–24	21–54	88–214	196–206

Примечание. Нормализация при 920–930 °С, охл. на воздухе, 5 ч; отпуск при 520–530 °С, выдержка 6 ч, охл. 1 ч с печью, затем на воздухе.

## Механические свойства отливок сечением 30 мм при повышенных температурах [131]

$t_{исп.}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_{в}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$
100	460–500	580–620	19–24	49–64
200	415–470	540–600	8–18	28–58
300	410–450	500–600	11–18	19–53
400	380–410	500–550	13–20	80–51
500	315–355	390–420	15–21	37–53

Пр и м е ч а н и е. Нормализация при 920–930 °С охл. на воздухе; отпуск при 520–530 °С, выдержка 6 ч, охл. 1 ч с печью, затем на воздухе.

### Ударная вязкость КСУ отливок сечением 30 мм [131]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	-20	-40	-60	-80
Нормализация при 920–930 °С, охл. на воздухе, 5 ч; отпуск при 520–530 °С, выдержка 6 ч, охл. 1 ч с печью, затем на воздухе	80–123	38–98	39–88	41–82	13–60

### Технологические свойства [131]

Свариваемость – хорошо сваривается РДС.

### Литейные свойства [131]

Температура начала затвердевания, °С .....	1510
Показатель трещиностойчивости $K_{т,у}$ .....	0,8
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{у,р}$ .....	0,9
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$ .....	1,9
Линейная усадка, % .....	1,9

## Сталь 20ХГСНДМЛ

Вид поставки – отливки ГОСТ 977–88.

Назначение – кронштейны и другие детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и достаточной вязкости.

### Химический состав, % (ГОСТ 977–88)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti
			не более						
0,18–0,24	0,90–1,30	0,90–1,20	0,050	0,045	0,60–0,90	1,10–1,50	0,10–0,15	0,40–0,60	0,03–0,07

### Механические свойства в сечениях до 100 мм (ГОСТ 977–88)

Термообработка	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_{в}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 910–930 °С; отпуск при 640–660 °С	500	650	12	20	40

## Механические свойства отливок сечением 30 мм при повышенных температурах [131]

$t_{исп}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	Твердость НВ
<i>Нормализация при 920–930 °С</i>					
20	760–790	1050–1100	9–12	26–33	321–340
100	790–860	990–1020	6–9	25–34	–
200	790–880	1000–1030	9–12	18–33	–
300	790–850	1070–1130	9–15	12–37	–
400	740–820	940–980	4–13	16–48	–
500	620–640	680–710	9–13	44–57	–
<i>Нормализация при 920–930 °С; закалка с 920–930 °С в воде; отпуск при 640–660 °С, охл. в воде</i>					
20	710–720	810–850	11–14	21–41	255–285
100	630–710	760–830	10–13	22–42	–
200	630–650	760–780	9–12	19–38	–
300	610–650	710–790	7–13	12–31	–
400	560–600	670–710	9–14	7–17	–
500	485–520	510–540	6–15	26–56	–
<i>Нормализация при 930–950 °С; закалка с 910–930 °С в воде; отпуск при 220–250 °С, охл. на воздухе</i>					
20	1060–1150	1450–1510	5–7	13–25	445–477
100	1150–1280	1340–1520	3–7	9–30	–
200	1110–1300	1360–1520	1–6	8–15	–
300	1080–1190	1310–1420	3–14	10–44	–
400	900–1070	1130–1270	6–12	22–53	–
500	690–810	750–880	8–17	39–73	–

### Ударная вязкость КСЧ отливок сечением 30 мм [131]

Термообработка	КСЧ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С				
	+20	–20	–40	–60	–80
Нормализация при 920–930 °С	28–49	21–36	15–30	15–22	12–19
Нормализация при 920–930 °С; закалка с 920–930 °С в воде; отпуск при 640–660 °С, охл. в воде	34–44	29–35	27–39	14–34	16–24
Нормализация при 930–950 °С; закалка с 910–930 °С в воде; отпуск при 220–250 °С, охл. на воздухе	24–32	21–29	18–27	15–27	16–27

### Технологические свойства

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Электроды УОНИ-13/55 и 48Н-1. Требуется последующая термообработка.

### Литейные свойства

Температура начала затвердевания, °С .....	1485
Показатель трещиностойчивости $K_{Т,у}$ .....	0,2
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{у,р}$ .....	1,1
Жидкотекучесть $K_{ж,Т}$ .....	1,3–1,8
Линейная усадка, % .....	1,9
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{у,п}$ .....	2,8–3,2

## Сталь 45ГЛ

Заменитель – сталь 40ХЛ. Вид поставки – отливки ТУ 24-1-12-181-75.

Назначение – блоки, колеса, звездочки, кулачковые муфты, крупные зубчатые венцы и другие детали, требующие повышенной твердости и прочности.

### Температура критических точек, °С [81]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>
724	775	675

### Химический состав, % (ТУ 24-1-12-181-75)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
0,42–0,50	0,20–0,45	0,90–1,20	0,40	0,45	0,30	0,040	0,040
не более							

### Механические свойства в сечениях до 100 мм [83]

Термообработка	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
	не менее					
Закалка с 860–880 °С в воде; отпуск при 580–630 °С, охл. в воде	490	690	10	25	39	217–269

### Твердость стали после закалки ТВЧ

Термообработка	Твердость HRC <sub>0,2</sub> поверхности
Закалка ТВЧ, охл. в водном растворе глицерина; низкий отпуск	42–56
Поверхностная закалка с нагревом газовым пламенем, охл. на воздухе, затем в воде	42

### Технологические свойства

Свариваемость – ограниченно свариваемая [83].

Обработываемость резанием –  $K_{v, б.ст} = 0,5$  и  $K_{v, тв.спл} = 0,63$  после закалки и отпуски при НВ 241–278,  $\sigma_b = 850–980$  МПа [101].

Флокеночувствительность – не чувствительна [81].

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна [83].

### Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С.....	1490–1501
Показатель трещиностойчивости $K_{т.у}$ .....	0,9
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{у.р}$ .....	1,1
Жидкотекучесть $K_{ж.т}$ .....	0,8
Линейная усадка, %.....	2,2
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{у.п}$ .....	1,0

## Сталь 25ГСЛ

Заменитель – стали 20ГСЛ, 30ГСЛ. Вид поставки – отливки ТУ 24-1-12-181-75.

Назначение – лопасти гидротурбин, зубчатые венцы и колеса, втулки, сектора, колонны, детали сварно-литых конструкций с большим объемом сварки.

### Химический состав, % (ТУ 24-1-12-181-75)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
			не более				
0,22–0,28	0,60–0,81	1,00–1,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30

### Механические свойства [83, 80]

Термообработка	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
		не менее					
Нормализация при 900–920 °С, охл. на воздухе; отпуск при 580–600 °С, охл. на воздухе	До 100	245	470	18	30	29	123–149
Нормализация при 900–920 °С, охл. на воздухе	20	350	540	19	32	65	170
Закалка; отпуск при 650 °С	20	560	710	19	43	86	207

### Ударная вязкость КСУ отливок сечением 20 мм [80]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	–20	–40	–60
Нормализация при 900–920 °С	65	31	19	12
Закалка; отпуск при 650 °С	86	76	43	30

### Предел выносливости [80]

Образцы	$\sigma_{-1}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа
Без надреза	162	540
С надрезом	118	540

### Технологические свойства

Свариваемость – сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой, ЭШС [83].

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 1,0$  и  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,9$  в нормализованном состоянии при НВ 156 и  $\sigma_b = 510$  МПа [81].

Флокеночувствительность – не чувствительна [81].

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна [81].

### Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С.....	1482–1493
Показатель трещиностойчивости $K_{T,y}$ .....	1,0
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{y,p}$ .....	1,2
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$ .....	0,9
Линейная усадка, %.....	2,2–2,3
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{y,п}$ .....	1,0

## Сталь 35ХНЛ

Заменитель – стали 35ХМЛ, 30ХГСФРЛ, 35ХМФЛ, 30ХГСФЛ, 25Х2НМЛ. Вид поставки – отливки ТУ 24-1-12-181-75.

Назначение – шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса экскаваторов, зубчатые венцы, горизонтальные валки слябингов.

### Химический состав, % (ТУ 24-1-12-181-75)

С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S
не более							
0,30–0,38	0,20–0,42	0,40–0,90	0,50–0,80	0,70–0,90	0,30	0,040	0,040

### Механические свойства [81]

Термообработка	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
		не менее					
Закалка с 860–880 °С в воде; отпуск при 580–630 °С, охл. в воде Нормализация при 920 °С	До 100	490	686	12	25	39	207–269
	–	450	680	19	29	55	–

### Твердость стали после поверхностной закалки [83]

Термообработка	Твердость HRC <sub>0</sub> поверхности
Нагрев газовым пламенем, охл. на воздухе, затем в воде или только в воде	42
Нагрев ТВЧ; низкий отпуск	42–56

### Ударная вязкость KCU

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	–20	–40	–50
Закалка с 860–880 °С; отпуск при 580–630 °С [81]	39–108	29–64	22–56	15–46
Нормализация при 920 °С [95]	55	–	34	–

### Предел выносливости [80]

$\sigma_{-1}$ , МПа	n [65]
470	10 <sup>5</sup>
328	10 <sup>6</sup>
314	10 <sup>7</sup>

### Технологические свойства

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способ сварки: РДС с подогревом до 250–270 °С. Рекомендуется последующий отпуск при 580–600 °С. Электроды Э50А [81].

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,72$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,63$  после закалки и отпуска при НВ 217–269 и  $\sigma_b = 690–900$  МПа [100].

Склонность к отпускной хрупкости – склонна [83].

### Литейные свойства [65]

Температура начала затвердевания, °С ..... 1550–1580  
 Линейная усадка, % ..... 2,2

## Сталь 35ХН2МЛ

Заменитель – сталь 25Х2НМЛ.

Вид поставки – отливки ТУ 24-1-12-181-75.

Назначение – зубчатые венцы, зубчатые колеса и другие сильно нагруженные детали. Сталь имеет повышенную склонность к камневидному излому и трещинам.

### Химический состав, % (ТУ 24-1-12-181-75)

С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P
						не более	
0,30–0,40	0,25–0,45	0,60–0,90	0,50–0,80	1,30–1,70	0,20–0,30	0,040	0,040

### Механические свойства в сечениях до 100 мм [83]

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_s$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
	не менее					
Закалка с 840–860 °С в воде; отпуск при 580–600 °С, охл. в воде	690	780	10	20	39	229–285

Примечание. Твердость стали –  $HRC_s$  40–56 после закалки ТВЧ (охлаждение в водном растворе глицерина, низкий отпуск).

### Технологические свойства [81]

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка.

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна [83].

### Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С .....	1480–1493
Показатель трещиностойкости $K_{T,y}$ .....	1,3
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{y,p}$ .....	1,3
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$ .....	0,9
Линейная усадка, % .....	2,1
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{y,п}$ .....	1,0

## Сталь 14Х2ГМРЛ

Вид поставки – отливка ТУ 24-1-12-181-75.

Назначение – тяжелонагруженные литые и сварно-литые детали.

### Химический состав, % (ТУ 24-1-12-181-75)

С	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	B	S	P
					не более				
0,10–0,17	0,20–0,42	0,90–1,20	1,40–1,70	0,45–0,55	0,30	0,30	0,006	0,035	0,035

### Механические свойства

Термообработка	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
		не менее					
Нормализация при 940–950 °С, охл. на воздухе; закалка с 920–980 °С в воде; отпуск при 610–640 °С [81]	До 100	590	690	14	25	49	217–241
Нормализация при 930 °С;	30–60	590	710	17	50	134	–
закалка с 930 °С в воде;	100	650	740	17	60	127	–
отпуск при 640 °С [96]	140	640	720	14	25	121	–
Отжиг при 940 °С, изотермическая выдержка при 750 °С:							
5 ч	–	410	630	16	26	32	196
10 ч [96]	–	370	600	18	33	32	179

### Ударная вязкость КСУ [81]

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	+20	–40	–50	–60
Нормализация + отпуск	117–196	39–78	29–49	–
Рама сечением 30–60 мм. Нормализация при 930 °С; закалка с 930 °С в воде; отпуск при 640 °С	134	93	–	61
Рама сечением 100 мм. Нормализация при 930 °С; закалка с 930 °С в воде; отпуск при 640 °С	127	43	–	33
Рама сечением 140 мм. Нормализация при 930 °С; закалка с 930 °С в воде; отпуск при 640 °С	121	61	–	53

### Технологические свойства

Свариваемость – сварка с подогревом при толщине стенки более 16 мм; температура подогрева 200 °С. Метод сварки: РДС, АДС под флюсом и в защитных газовых средах. Рекомендуется последующий отпуск при 600–650 °С для снятия напряжений [81].

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна [83].

### Литейные свойства [111]

Температура начала затвердевания, °С ..... 1510–1515  
 Линейная усадка, % ..... 2,4–2,5

### Сталь 80ГСЛ

Вид поставки – отливка ТУ 24-1-12-182–75.

Назначение – футеровки шаровых мельниц.

### Химический состав, % (ТУ 24-1-12-182–75)

С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
			не более			
0,80–1,10	0,80–1,20	1,00–1,50	0,50	0,50	0,050	0,050



## Твердость [83]

Термообработка	Твердость <i>HV</i>
Отпуск при 650–670 °С (перед обрезкой прибылей), охл. на воздухе	241–302

### Технологические свойства

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций [83].

Обработываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,55$  и  $K_{v, \text{б.ст}} = 0,35$  в отпущенном состоянии при *HV* 241–255 и  $\sigma_B = 1020$  МПа.

Флокеночувствительность – не чувствительна [81].

Склонность к отпусковой хрупкости – не склонна [83].

### Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С.....	1436–1466
Показатель трещиностойчивости $K_{T,y}$ .....	1,1
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{y,p}$ .....	1,3
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$ .....	1,1
Линейная усадка, %.....	2,1–2,2
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{y,v}$ .....	1,5

## Сталь 20ХМЛ

Вид поставки – отливки ТУ 24-1-12-182–75.

Назначение – детали, работающие длительное время при температуре до 500 °С.

### Химический состав, % (ТУ 24-1-12-182–75)

С	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	S	P
					не более			
0,15–0,25	0,20–0,42	0,40–0,90	0,40–0,70	0,40–0,60	0,30	0,30	0,040	0,040

### Механические свойства [77, 83]

Термообработка	Сече- ние, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ ,	Твер- дость <i>HV</i>
		не менее					
Нормализация при 880–900 °С, охл. на воздухе; отпуск при 600– 650 °С, охл. на воздухе	До	245	440	18	30	29	149–229
	100						
Без термообработки	–	365–570	540–670	6–16	15–24	10–34	–

### Механические свойства при повышенных температурах [77]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>
<i>Отжиг при 880–900 °С, выдержка 8 ч</i>					
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

Продолжение

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
Нормализация 890–910 °С, выдержка 8 ч;					
отпуск при 640–660 °С, выдержка 8 ч, охл. до 300 °С со скоростью 40–50 град/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

Примечание. Предел ползучести:  $\sigma_{1/10000}^{510} = 176$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{510} = 65$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{550} = 78$  МПа;  $\sigma_{1/100000}^{550} = 28$  МПа. Предел длительной прочности:  $\sigma_{10000}^{510} = 178$ –196 МПа;  $\sigma_{100000}^{510} = 139$ –154 МПа;  $\sigma_{10000}^{550} = 90$ –96 МПа;  $\sigma_{100000}^{550} = 59$ –64 МПа.

### Технологические свойства

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способ сварки: РДС. Необходимы подогрев и последующая термообработка [81].

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, б.ст} = 0,85$  в нормализованном и отпущенном состоянии при  $HВ$  135–180 и  $\sigma_b = 460$  МПа [81].

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна [83].

### Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С	1494–1506
Показатель трещиностойчивости $K_{т,у}$	0,8
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{у,р}$	1,1
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$	1,0
Линейная усадка, %	2,2–2,3
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{у,п}$	1,0

## Сталь 20ГНМФЛ

Вид поставки – отливки ТУ 24.11.01.092–84.

Назначение – отливки, предназначенные для эксплуатации в условиях низких температур и высоких скоростей нагружения.

### Химический состав, % (ТУ 24.11.01.092–84)

С	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V
			не более					
0,14–0,25	0,80–1,40	0,20–0,40	0,030	0,030	0,30	0,80–1,20	0,15–0,25	0,06–0,12

### Механические свойства (ТУ 24.11.01.092–84)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость $HВ$
	не менее					
Нормализация при 910–930 °С; отпуск при 600–650 °С	550	700	15	33	60	202
Закалка с 910–930 °С; отпуск при 600–650 °С	600	700	14	30	70	217

### Ударная вязкость КСУ (ТУ 24.11.01.092–84)

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-40	-60
Нормализация при 910–930 °С или при 910–930 °С, отпуск при 600–650 °С	60	40	35
Закалка с 910–930 °С; отпуск при 600–650 °С	70	40	30

### Сталь 15ГНЛ

Вид поставки – отливки ТУ 24.11.01.092–84.

Назначение – отливки, идущие на изготовление деталей, производимых предприятиями тяжелого и транспортного машиностроения и предназначенных для эксплуатации в условиях низких температур и высоких скоростей нагружения.

### Химический состав, % (ТУ 24.11.01.092–84)

С	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
			не более			
0,12–0,20	0,80–1,40	0,20–0,40	0,03	0,03	0,30	0,80–1,20

### Механические свойства (ТУ 24.11.01.092–84)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость НВ
	не менее					
Нормализация при 900–920 °С или при 900–920 °С; отпуск при 600–650 °С	350	450	18	35	60	140
Закалка с 900–920 °С; отпуск при 600–650 °С	400	500	14	45	60	150

### Ударная вязкость КСУ (ТУ 24.11.01.092–84)

Термообработка	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
	+20	-40	-60
Нормализация при 900–920 °С; отпуск при 600–650 °С	60	45	40
Закалка с 900–920 °С; отпуск при 600–650 °С	60	50	40

### Сталь 20Х13Л

Вид поставки – отливки ГОСТ 2176–77.

Назначение – детали, подвергающиеся ударным нагрузкам, а также изделия, подвергающиеся действию относительно слабых агрессивных сред. Сталь коррозионностойкая, мартенситного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 2176-77)

С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
				не более			
0,16-0,25	0,20-0,80	0,30-0,80	12,0-14,0	0,50	0,30	0,025	0,030

### Механические свойства в сечениях до 100 мм (ГОСТ 2176-77)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Отжиг при 950 °С; закалка с 1050 °С в масле или на воздухе; отпуск при 750 °С, охл. на воздухе	450	600	16	40	40

### Ударная вязкость KCU отливок сечением 30 мм [131]

Термообработка	KCU, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
	-20	-40	-60	-80
Нормализация при 940-950 °С; отпуск при 740-750 °С, охл. на воздухе; закалка с 940-950 °С в масле; отпуск при 740-750 °С, охл. на воздухе	34-74	30-63	10-64	6-62

### Механические свойства в зависимости от сечения отливки [131]

Сечение, мм	Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
10	Ц	390-460	610-680	22-28	51-64	63-117	-
30	Ц	415-500	620-670	18-30	61-64	123-166	196-206
50	Ц	385-460	610-650	15-29	22-67	52-131	187-206
100	Ц	430-500	630-670	22-27	45-61	64-108	187-206
200	К	440-505	630-690	21-27	40-63	77-117	187-206
	Ц	540-570	680-710	10-14	20-30	30-52	-
	К	495-570	640-730	12-17	19-41	32-60	-

Примечание. Нормализация при 940-950 °С; отпуск при 740-750 °С, охл. на воздухе; закалка с 940-950 °С в масле; отпуск при 740-750 °С, охл. на воздухе.

### Механические свойства отливок сечением 30 мм при повышенных температурах [131]

$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
100	385-455	560-630	21-23	57-66
200	355-445	520-600	18-22	55-65
300	360-395	510-540	17-19	51-62
400	335-405	470-530	14-19	51-61
500	300-380	390-465	14-20	52-64

Примечание. Нормализация при 940-950 °С; отпуск при 740-750 °С, охл. на воздухе; закалка с 940-950 °С в масле; отпуск при 740-750 °С, охл. на воздухе.

### Технологические свойства

Свариваемость — ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой. Подогрев и термообработка применяются в зависимости от вида сварки и назначения конструкции [81].

Обрабатываемость резанием —  $K_{в.ст} = 0,5$  и  $K_{в.тв.спл} = 1,2$  при  $HB \geq 170$ .

## Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С .....	1489–1497
Показатель трещиностойчивости $K_{т,у}$ .....	0,6
Склонность к образованию усадочных раковин $K_{у,р}$ .....	0,8
Жидкотекучесть $K_{ж,г}$ .....	1,0
Линейная усадка, % .....	2,2–2,3
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{у,п}$ .....	1,0

## Сталь 10X18H9Л

Заменитель – сталь 14X18H4Г4Л.

Вид поставки – отливки ГОСТ 2176–77.

Назначение – различные детали, работающие при температуре до 400 °С. Сталь коррозионноустойчивая, жаростойкая до 750 °С, нестойкая в сернистых газах, аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 2176–77)

С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
					не более		
0,07–0,14	0,20–1,00	1,00–2,00	17,0–20,0	8,00–11,00	0,30	0,030	0,035

### Механические свойства в сечениях до 100 мм (ГОСТ 2176–77)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 1050–1100 °С в воде, масле или на воздухе	180	450	25	35	100

### Жаростойкость [5]

Температура, °С	Длительность испытания, ч	Глубина, мм/год	Группа стойкости или балл
1000	500	0,018–0,020	4

## Сталь 12X18H9ТЛ

Вид поставки – отливки ГОСТ 2176–77.

Назначение – различные детали машиностроения, работающие при температуре не выше 700 °С. Сталь коррозионноустойчивая, жаростойкая до 750 °С, жаропрочная при температуре до 600 °С, аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 2176-77)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Cu	S	P
не более					не более			
0,12	0,20-1,0	1,0-2,0	17,0-20,0	8,0-11,0	0,60	0,30	0,03	0,035

### Механические свойства в сечениях до 100 мм (ГОСТ 2176-77)

Термообработка	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
	не менее				
Закалка с 1050-1100 °С в воде, в масле или на воздухе	200	450	25	32	60

### Механические свойства по сечению литой заготовки [131]

Термообработка	Место вырезки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость HB
Звковка с 1060-1070 °С в воде	Ц	225-245	455-510	30-49	172-196	143-156
Стабилизирующий отжиг при 840-850 °С, 4 ч, охл. на воздухе	К	230-265	465-515	42-53	157-208	156

Примечание. Сечение заготовки 200 мм.

### Механические свойства при повышенных температурах [81]

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
20	195-235	500-660	24-25	30-35	78-108
350	195	335-370	11-13	25-29	64-98
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

Примечание. Аустенизация при 1100 °С, 4 ч на воздухе; стабилизация при 800 и 1020 °С, охлаждение с печью.

### Технологические свойства [81]

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС и АДС под газовой защитой. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

### Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С	1425-1440
Показатель трещиностойчивости $K_{T,y}$	1,0
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{y,p}$	1,0
Жидкотекучесть $K_{ж,т}$	1,0
Линейная усадка, %	2,7-2,8
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{y,п}$	1,0

## Сталь 20Х20Н14С2Л

Вид поставки – отливка ГОСТ 2176–77.

Назначение – печные конвейеры, ящики для цементации и другие детали, работающие при высоких температурах в нагруженном состоянии. Сталь жаростойкая до 1000–1050 °С, устойчива в науглероживающей среде, аустенитно-ферритного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 2176–77)

С	Si	Cr	Ni	Mn	Cu	S	P
не более				не более			
0,20	2,00–3,00	19,0–22,0	12,0–15,0	1,50	0,30	0,025	0,035

### Механические свойства в сечениях до 100 мм (ГОСТ 2176–77)

Термообработка	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %
	не менее			
Нормализация при 1100–1150 °С, охл. на воздухе	250	500	20	25

### Технологические свойства

Свариваемость – сваривается без ограничений [83].

## Сталь 20Х25Н19С2Л

Вид поставки – отливки ГОСТ 2176–77.

Назначение – детали, работающие при высоких температурах в сильно нагруженном состоянии: реторты для отжига, части печей и ящики для цементации. Сталь коррозионноустойчивая, жаростойкая при температуре до 1100 °С, жаропрочная, аустенитного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 2176–77)

С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
не более					не более		
0,20	2,0–3,0	0,50–1,50	23,0–27,0	18,0–20,0	0,30	0,030	0,035

### Механические свойства в сечениях до 100 мм

Источник	Термообработка	σ <sub>0,2</sub> , МПа	σ <sub>b</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	ψ, %
		не менее			
ГОСТ 2176–77	Закалка с 1100 °С в воде, масле или на воздухе	250	500	25	28
[83]	Нормализация при 1100–1150 °С, охл. на воздухе	245	490	20	25

Примечание. Отливки сечением до 100 мм.

## Сталь 40Х24Н12СЛ

Заменитель – сталь 35Х23Н7СЛ.

Вид поставки – отливка ГОСТ 2176–77.

Назначение – детали, работающие при высоких температуре и давлении (лопатки компрессоров и сопловых аппаратов, печные конвейеры, шнеки, крепежные детали и др.). Сталь коррозионноустойчивая, жаростойкая до 1000 °С, жаропрочная аустенитно-ферритного класса.

### Химический состав, % (ГОСТ 2176–77)

С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
не более	не более						
0,40	0,50–1,50	0,30–0,80	22,0–26,0	11,0–13,0	0,30	0,030	0,035

### Механические свойства

Источник	Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
			не менее				
ГОСТ 2176–77 [75]	Закалка с 1050 °С в воде, масле или на воздухе	До 100	250	500	20	28	–
	Литое состояние	–	215–235	550–610	24–38	29–49	34–78

### Механические свойства при повышенных температурах

$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
<i>Закалка с 1150 °С в воде [81]</i>					
20	295	590	45	60	–
540	–	470	41	62	–
760	–	265	46	51	–
815	–	205	40	52	–
<i>Циклический отжиг в течение 3500–5000 ч: нагрев до 950 °С, 8 ч, выдержка 8 ч, охл. до комнатной температуры 8 ч*1 [75]</i>					
20	245–315	410–620	7–30	11–32	23–39
800	170–200	285–335	8–20	6–30	–
900	78–88	98–110	19–26	26–36	–
850	59	69–78	18–34	5–28	–

\*1 Данный режим максимально приближен к условиям работы деталей печного оборудования (приспособления и арматура нагревательных печей термических цехов).

### Предел ползучести [81]

$t$ , °С	Скорость ползучести, %/ч	Предел ползучести, МПа
–	1/10000	65
700	–	22
1000	1/10000	7
1000	0,5/100000	6

### Предел длительной ползучести [81]

$t$ , °С	Длительность, ч	Предел длительной ползучести, МПа
800	500	51
	1000	44
875	500	37
	1000	33



## Технологические свойства [82]

Свариваемость – способ сварки РДС. Флокочувствительность – не чувствительна. Склонность к отпускной хрупкости – не склонна. Обрабатываемость резанием –  $K_{v, \text{тв.спл}} = 0,3$ .

## Жаростойкость [81]

Среда	Температура, °С	Глубина, мм/год	Группа стойкости или балл
Воздух	900	0,055	5
	1000	0,322	6
	1050	1,660	8

## Литейные свойства [24]

Линейная усадка 2,7 %.

## Сталь 25Х2НМЛ

Заменитель – стали 35ХН2МЛ, 35ХНМЛ.

Вид поставки – отливки ТУ 24.11.01.091–84.

Назначение – отливки для деталей тяжелого и транспортного машиностроения, работающих в условиях низких температур и повышенных условиях нагружения.

## Химический состав, % (ТУ 24.11.01.091–84)

С	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	S	P
						не более	
0,22–0,30	0,50–0,80	0,20–0,45	1,60–2,00	0,20–0,30	0,60–0,90	0,040	0,040

## Механические свойства (ТУ 24.11.01.091–84)

$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре °С	
				не менее	не менее
650	750	12	25	+20	–40
				60	40

Примечание. Закалка с 920 °С; отпуск при 580–620 °С.

## Механические свойства в зависимости от места вырезки образца [122]

Место вырезки образца	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С	
					+20	–40
Ц	815	915	7	21	65	40
К	970	1170	9	38	70	52

Примечание. Отливки сечением 140–250 мм. Закалка с 880 °С; отпуск при 560–570 °С.

## Сталь 110Г13Л

Вид поставки – отливка ГОСТ 2176–77.

Назначение – корпуса вихревых и шаровых мельниц, щеки и конуса дробилок, зубья и передние стенки ковшей экскаваторов, железнодорожные крестовины и др. тяжело нагруженные детали, работающие под действием статических и высоких динамических нагрузок и от которых требуется высокая износостойкость.

### Химический состав, % (ГОСТ 2176–77)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
			не более				
0,90–1,40	0,80–1,00	11,50–15,00	1,00	1,00	0,30	0,050	0,12

### Механические свойства отливок сечением 30 мм при различных температурах испытания [131]

$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытаний, °С					Твердость НВ
				+20	-20	-40	-60	-80	
360–380	654–830	34–53	34–43	260–350	240–320	220–300	190–300	90–210	186–229

Примечание. Закалка с 1050–1100 °С в воде.

### Предел выносливости [85]

$\sigma_{-1}$ , МПа	$n$	$\sigma_b$ , МПа
176–196	10 <sup>6</sup>	640–710

### Предел длительной прочности [85]

$\sigma_{1000}^{200} = 882$  МПа;  $\sigma_{1000}^{550} = 107$  МПа;  $\sigma_{1000}^{300} = 686$  МПа;  $\sigma_{1000}^{400} = 441$  МПа.

### Технологические свойства [81]

Свариваемость – не применяется для сварных конструкций.

Обрабатываемость резанием –  $K_{v, \text{тв. спл}} = 0,25$  при НВ 229.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

### Литейные свойства [81]

Температура начала затвердевания, °С .....	1350–1370
Показатель трещиностойчивости $K_{т.у}$ .....	0,4
Склонность к образованию усадочной раковины $K_{у.р}$ .....	1,7
Жидкотекучесть $K_{ж.т}$ .....	0,8
Линейная усадка, % .....	2,6–2,7
Склонность к образованию усадочной пористости $K_{у.п}$ .....	2,5

## Раздел 5. СТАЛИ И СПЛАВЫ С ОСОБЫМИ ФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

### Общие сведения

Стали и сплавы с особыми физическими свойствами условно можно разделить на следующие группы: *магнитные* стали и сплавы; *немагнитные* стали и сплавы; стали и сплавы с *высоким электросопротивлением*; сплавы с *особенностями теплового расширения*; сплавы с *высокими упругими свойствами*; *криогенные и термобиметаллы*.

*Сталь электротехническая тонколистовая* — один из наиболее широко используемых магнитно-мягких материалов. Она предназначена для изготовления деталей магнитных цепей электротехнических машин, аппаратов и приборов, которые работают в переменных магнитных полях. Дополнительная работа, затрачиваемая на перемагничивание магнитопроводов, должна быть минимальной, так как она обуславливает потерю мощности и снижает коэффициент полезного действия машин. Электротехническая сталь должна иметь малую коэрцитивную силу и большую магнитную проницаемость, следовательно, малые гистерезисные потери. Важно также, чтобы потери на вихревые токи в сердечнике были малы, для этого нужно повысить электросопротивление стали, что достигается легированием ее кремнием. Чтобы уменьшить эти потери, детали машин и трансформаторов изготавливают из тонких листов, покрытых электроизоляционным покрытием. Уменьшению гистерезисных потерь способствует чистота стали по неметаллическим включениям и увеличение размера зерна. Однако, при очень крупном зерне возникают большие потери на вихревые токи.

При использовании в мощных силовых трансформаторах сталь должна иметь минимальные удельные потери и высокую индукцию в сильных полях. Применение стали в трансформаторах для автоматики и телефонии требует высокой проницаемости в слабых полях и при подмагничивании постоянным током. Хорошую штампуемость наряду с высокими магнитными свойствами должна иметь сталь, применяемая в мелких специальных электрических машинах. Двигатели и генераторы повышенных частот (от 400 до 25000 Гц и выше), а также различные трансформаторы в радиотехнических и радиолокационных установках требуют применения стали с особо высокой магнитной проницаемостью и малыми потерями. В этих случаях применяют ленты толщиной 0,05–0,20 мм вместо листов обычной толщины (0,27–0,50 мм). Для стали, применяемой в трансформаторах тока, важны высокие свойства в широком диапазоне величин индукции.

Большое значение имеет анизотропия магнитных свойств. Для сердечника трансформатора достаточно иметь лист с высокими магнитными свой-

ствами в одном направлении, так как в этом случае можно соответственно набирать магнитопровод; для генераторов и других аппаратов с разветвленным магнитным потоком необходимо, чтобы анизотропия свойств была минимальной. Анизотропия свойств определяется кристаллографической текстурой. Сталь электротехническая холоднокатаная анизотропная обладает ребровой текстурой (текстурой Госсса)  $\{110\}\langle 001\rangle$ . Ось легчайшего намагничивания в ней направлена вдоль направления прокатки в листе, и сборку сердечника трансформатора осуществляют таким образом, чтобы направления  $\langle 001\rangle$  и магнитного потока в сердечнике совпадали. Сталь без текстуры называется *изотропной*.

К электротехническим сталям предъявляются определенные требования по пластичности, оцениваемой путем гибов листа. При изготовлении магнитопроводов листы подвергают штамповке, поэтому хрупкость металла недопустима. Весьма важное значение имеют внешние параметры листа — разнотолщинность, волнистость и коробоватость. Конкретные требования по этим параметрам оговариваются в стандартах.

Широкий круг сплавов с особыми физическими свойствами составляют сплавы прецизионные, в которых необходимый комплекс свойств определяется точным химическим составом, чистотой сплава от включений и вредных примесей, структурным состоянием и высокой точностью изготовления.

*Сплавы прецизионные магнитно-мягкие* — это ферромагнитные сплавы, характеризующиеся узкой петлей гистерезиса, они обладают высокой магнитной проницаемостью и малой коэрцитивной силой. Условно считается, что она не превышает 1000–1200 А/м. Сплавы используют в качестве сердечников магнитопроводов, а также магнитных экранов аппаратуры радиосвязи, радиолокации, автоматики и др. По основным магнитным, электрическим, механическим свойствам прецизионные магнитно-мягкие сплавы подразделяют на 12 групп [195]: сплавы с наивысшей магнитной проницаемостью в слабых полях; сплавы с высокой магнитной проницаемостью и повышенным удельным электрическим сопротивлением; сплавы с высокой магнитной проницаемостью и повышенной индукцией насыщения; сплавы с прямоугольной петлей гистерезиса; сплавы с высокой индукцией насыщения; сплавы с низкой остаточной индукцией; сплавы с повышенной деформационной стабильностью и износостойкостью; сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР); сплавы с высокой коррозионной стойкостью; сплавы с высокой магнитострикцией; термомагнитные сплавы и материалы; сплавы для работы на сверхвысоких частотах. Магнитные свойства магнитно-мягких сплавов определяются химическим составом, структурой и текстурой сплава после окончательной термической обработки. Некоторые свойства (намагниченность насыщения, температура Кюри) сравнительно слабо изменяются при небольших изменениях состава и обычно не зависят от условий изготовления и термической обработки. Другие характеристики, такие как проницаемость, коэрцитивная сила, потери на гистерезис, сильно зависят от этих факторов. Поэтому нормируемые ГОСТом и техническими условиями свойства

магнитно-мягких сплавов гарантируются после изготовления изделия (магнитопровода) из нагартованной ленты (листа, прутка) и после термической обработки в нормируемых условиях по рекомендованному режиму. В связи с высокой чувствительностью основных магнитных свойств к локальным или макроскопическим воздействиям, вызывающим пластическую или упругую деформацию (вырубка, рихтовка пластин, резка и навивка ленты, зачистка, сверление отверстий, сварка, электроизоляционное покрытие и т.д.), все технологические операции по изготовлению магнитопроводов необходимо проводить до окончательной термической обработки.

*Магнитно-твердые сплавы* обладают высокой магнитной энергией и в соответствии с главными областями их применения подразделяются на 4 группы [195]: сплавы для постоянных магнитов; для активной части роторов гистерезисных электродвигателей; для элементов памяти систем управления автоматизации и связи; для носителей магнитной записи информации.

Постоянные магниты используют для создания заданной напряженности магнитного поля или заданного магнитного потока в определенном рабочем пространстве. Магнитное состояние сплавов для постоянных магнитов описывается параметрами кривой размагничивания предельного гистерезисного цикла. Максимальная энергия постоянного магнита, которую можно получить для данного материала определяется максимальным произведением  $(BH)_{\max}$  из этой кривой. При определенных значениях  $B_r$  и  $H_c$  произведение  $(BH)_{\max}$  тем больше, чем больше выпуклость петли гистерезиса от  $B_r$  до  $H_c$ . Эта выпуклость определяется отношением  $(BH)_{\max}/B_r H_c$ . Поэтому в стандартах и технических условиях, кроме  $B_r$  и  $H_c$ , оговаривают также  $(BH)_{\max}$ . Повышение выпуклости достигают созданием одноосной анизотропии, при которой направление легкого намагничивания по возможности совпадает с тем направлением постоянного магнита, вдоль которого он намагничен. Реализация такого совпадения возможна только для некоторых сплавов. Деформируемые сплавы для постоянных магнитов созданы на основе большого количества систем (Fe-Co-Ni-Al, Fe-Ni-Al, Fe-Cr-Co, Fe-Co-V и т.д.) и отличаются один от другого природой магнитного твердения, сочетанием магнитных свойств, степенью технологичности при изготовлении, механической обрабатываемостью и т.д.

В роторах гистерезисных электродвигателей магнитно-твердые сплавы используются для создания крутящего момента роторов и работают в переменном магнитном поле, напряженность которого составляет от 1,6 до 32 кА/м в зависимости от конструкции и назначения двигателя. Магнитное состояние таких сплавов характеризуется полной рабочей петлей гистерезиса, имеющей вершину в точке максимальной проницаемости ( $H_{\mu\max}, B_{\mu\max}$ ). При расчете и конструировании двигателей используются зависимости гистерезисных параметров от намагничивающего поля и индукции, а также данные о ТКЛР и удельном электросопротивлении сплава для согласования магнитно-твердого материала (активной части ротора) с конструктивными элементами ротора и правильного учета используемых и вредных потерь

на вихревые токи. Сплавы для гистерезисных двигателей можно разделить на 2 подгруппы: сплавы систем Fe-Co-V, Fe-Co-Ni-V и Fe-Co-Cr-V для шихтованных роторов и сплавы систем Fe-Cr-W и Fe-Co-W-Mo для сплошных роторов.

Сплавы для элементов памяти систем управления, автоматизации и связи используют в качестве так называемых полупостоянных или переменных магнитов, подвергаемых в процессе эксплуатации большому числу циклов перемагничивания ( $10^9$ – $10^{10}$ ). Магнитное состояние таких материалов изменяется под воздействием кратковременных изменений тока в управляющих катушках и описывается параметрами полной рабочей петли гистерезиса, соответствующей принятой стандартной максимальной напряженности намагничивающего поля  $H_{\max}$ , равной 8 или 16 кА/м. Основными магнитными характеристиками таких сплавов при указанном  $H_{\max}$  являются: заданное в интервале от 1,5 до 5 кА/м значение коэрцитивной силы, высокие значения остаточной индукции и коэффициента прямоугольности, с которым связано малое время перемагничивания порядка микросекунд. Специфика требований, предъявляемых к материалам этого назначения, обусловила выделение их в особую группу полутвердых магнитных сплавов. Магнитные свойства всех магнитно-полутвердых сплавов формируются в процессе холодной деформации с высокой степенью обжатия более 80 % и последующего отпуска в интервале 500–700 °С. Сплавы поставляют в холоднодеформированном состоянии. Операции, необходимые для изготовления деталей, проводятся до отпуска, так как после него сплавы теряют пластичность и их твердость увеличивается. Сплавы для элементов памяти можно разделить на две подгруппы: а) сплавы на основе систем Fe-Co-Cr и Fe-Ni (для элементов с внешней памятью); б) сплавы на основе системы Fe-Co-Ni (для элементов с внутренней памятью).

Материалы для носителей магнитной записи в виде проволоки диаметром 0,02–0,05 мм и ленты толщиной 0,01–0,02 мм используются для записи и воспроизведения как гармонических сигналов (звука), так и импульсных (закодированной информации). Во время записи магнитное состояние сплавов формируется под воздействием периодических магнитных полей записывающей головки при одновременном высокочастотном подмагничивании или под воздействием импульсных магнитных полей при подмагничивании постоянным полем. В результате таких воздействий происходит локальное перемагничивание материала на глубину, зависящую от напряженности действовавших полей и длины волны записываемых сигналов. Поэтому рабочее состояние носителя неоднородно и характеризуется набором значений остаточной намагниченности, соответствующих различным гистерезисным циклам.

*Сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР)* используют для спаев металла с неорганическим диэлектриком в конструкциях электровакуумных, газоразрядных и полупроводниковых приборов, для деталей измерительных приборов, для бескомпенсационных трубопроводов для перекачки сжиженных газов. Сплавы обладают достаточной прочностью и высокой пластичностью при заданном значе-

нии ТКЛР. Их классифицируют с учетом их магнитных свойств (ферромагнитные сплавы и немагнитные) и значений ТКЛР (минимальные, низкие, средние и высокие). Ферромагнитные сплавы составляют большую часть номенклатуры сплавов с заданным тепловым расширением. Эти сплавы являются двойными или сложнелегированными на железоникелевой основе, что связано с наличием в системе Fe—Ni области, в которой сплавы обладают резко выраженной аномалией теплового расширения и рядом других свойств. В области содержания никеля 36—60 % в зависимости от концентрации сплавы могут иметь ТКЛР от  $1 \cdot 10^{-6}$  до  $11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , т.е. температурный коэффициент увеличивается более, чем в 11 раз. Минимальное расширение соответствует сплаву, содержащему 36 % Ni. Этот сплав назван *инваром*.

Кроме ферромагнитных сплавов аустенитного класса со средним по величине ТКЛР, производятся также ферритные сплавы на основе системы Fe—Cr. Легирование в этом случае проводят для стабилизации  $\alpha$ -фазы в области температур соединения сплава со стеклом. Сплавы системы Fe—Cr имеют ТКЛР порядка  $11 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  до  $580 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Немагнитные сплавы с низким и средним ТКЛР разработаны на основе хрома с небольшими легирующими добавками железа, кобальта, марганца и других элементов. Эти сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью, твердостью, однако они имеют низкую пластичность. Сплавы на основе хрома имеют ТКЛР от 1 до  $6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  в интервале температур не выше  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Немагнитные сплавы со средним ТКЛР разработаны также на основе систем Ni—W, Ni—Mo.

*Сплавы с заданными свойствами упругости* должны обладать высоким сопротивлением малым пластическим деформациям и релаксационной стойкостью в условиях статического и циклического нагружения. К ним предъявляются требования по ряду свойств: высокий или, наоборот, низкий модуль упругости, низкий температурный коэффициент модуля упругости или частоты, высокая добротность, малый упругий гистерезис и упругое последствие, высокая усталостная прочность, коррозионная стойкость, немагнитность, электропроводность, износостойкость, а также стабильность этих характеристик при температурах эксплуатации. Они должны обладать технологической пластичностью для получения упругих элементов заданной конфигурации и свариваемостью. Сплавы применяют в качестве пружин и пружинных элементов, упругочувствительных элементов измерительных приборов, мембран расходомеров, резонаторов фильтров для выбора, генерирования и настройки на заданную частоту.

*Сплавы прецизионные сверхпроводящие* предназначены для работы только при низких температурах и характеризуются определенным комплексом тепловых, электрических, магнитных и механических свойств при этих температурах. В этом комплексе для конкретной группы сплавов выделяют доминирующий и сопутствующие параметры.

*Сплавы прецизионные с высоким электрическим сопротивлением* обладают сочетанием высокой жаростойкости с высоким удельным электрическим сопротивлением, в ряде случаев низким и регулируемым температур-

ным коэффициентом электросопротивления и применяются в качестве тарированных сопротивлений в радиоэлектронике, термо- и тензодатчиков для аппаратуры, регистрирующей и управляющей тепловыми и механическими нагрузками, нагревательных элементов в промышленных печах, в приборах бытовой техники. Важными характеристиками являются колебание электрического сопротивления по длине и срок службы в интервале рабочих температур. Соблюдение технологии изготовления сплавов контролируется испытанием на живучесть (ГОСТ 2419-78), которое заключается в циклическом нагреве электрическим током (нагрев 2 мин, охлаждение 2 мин) проволочных образцов диаметром 0,8 мм до заданной температуры. *Термобиметаллы* представляют собой материал, состоящий из двух и более слоев металлов или сплавов с различными ТКЛР, сваренных между собой по всей поверхности соприкосновения, и применяются для автоматического регулирования заданной нагрузки и температуры в различного рода компенсационных устройствах, терморегуляторах, а также в приборах бытовой техники. Основным свойством термобиметаллов является термочувствительность, т.е. способность изгибаться при изменении температуры. Термочувствительность термобиметаллов пропорциональна разности ТКЛР составляющих и характеризуется величиной удельного изгиба — изменением кривизны термобиметаллической пластинки единичной толщины при изменении температуры на 1 К. Другой характеристикой термочувствительности, применяемой для ленты толщиной 0,3 мм и менее, является коэффициент чувствительности, определяемый как угол раскручивания свернутой в спираль биметаллической ленты единичной длины и толщины при нагреве ее на 1 К.

*Стали немагнитные повышенной прочности* используют для немагнитных бандажных колец электрогенераторов. В этих сталях аустенитного класса повышенные прочностные свойства, соответствующие уровню свойств конструкционных улучшаемых сталей, достигаются холодной или теплой пластической деформацией, упрочнением в результате дисперсионного твердения, упрочнением посредством фазового наклепа при последовательном проведении прямого и обратного мартенситных превращений.



## СТАЛЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ХОЛОДНОКАТАНАЯ ИЗОТРОПНАЯ ТОНКОЛИСТОВАЯ

### Сталь 2212

Заменитель – сталь 2211.

Аналоги – 530-50A5 (IEC), M 530-50A (EURO NORM), M45 (A.I.S.I.), 47F305 (ASTM), 50A530 (JIS).

Вид поставки – лист, рулонная сталь, лента резаная толщиной 0,65 и 0,50 мм. Рулонную сталь изготавливают шириной 500, 530, 600, 670, 740, 750, 805, 815, 825, 840, 860, 865, 880, 905, 935, 965, 990, 1000, 1015, 1030, 1050, 1065 мм.

### Размеры листа

Толщина, мм	Длина листов при ширине, мм		
	500	750	1000
0,50; 0,65	1500	1500	2000

Ленту изготавливают шириной 90, 95, 107, 123, 130, 138, 140, 150, 156, 160, 170, 175, 187, 200, 215, 226, 233, 250, 260, 280, 290, 300, 322, 325, 360, 400, 445 мм. Сталь поставляется термически обработанной на магнитные свойства (по требованию потребителя – без термической обработки). Тип покрытий в зависимости от назначения стали устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем.

Массовая доля кремния св. 0,8 до 1,8 %. Химический состав стали не нормируется. ГОСТ 21427.0–75, 21427.2–83.

Назначение – для магнитных цепей электрических машин, аппаратов и приборов.

### Магнитные свойства (ГОСТ 21427.2–83)

Толщина, мм	Удельные потери, Вт/кг, не более		Магнитная индукция, Тл, при напряженности магнитного поля, А/м, не менее	
	$P_{1,0/50}$	$P_{1,5/50}$	1000	2500
0,65	2,6	6,3	1,42	1,58
0,50	2,2	5,0	1,42	1,60

Анизотропия магнитной индукции при напряженности магнитного поля 2500 А/м не должна превышать 0,13 Тл.

Сталь должна иметь временное сопротивление  $\sigma_b = 290–590$  МПа и относительное удлинение  $\delta_4$  не более 30 %.

Пример условного обозначения: лист 0,65 × 750 × 1500 – Н – 2 – ТО – Б – 2212, ГОСТ 21427.2–83 (лист толщиной 0,65 мм, шириной 750 мм, длиной 1500 мм, нормальной точности прокатки, нормальной точности изготовления по ширине, класса неплоскостности 2, термически обработанный, без покрытия, с коэффициентом заполнения группы Б, из стали марки 2212).

## Справочные данные

Толщина, мм	Магнитная индукция, Тл, при напряженности магнитного поля, А/м, не менее			Плотность стали, кг/м <sup>3</sup>	Удельное электро-сопротивление, нОм·м
	5000	10000	30000		
0,65	1,67	1,77	2,00	7800	250
0,50	1,68	1,77	2,00	7800	250

### Типичные механические свойства [191]

Твердость HV	$\sigma_s$ , МПа		$\sigma_{0,2}$ , МПа		$\delta_4$ , %	
	НП	ПН	НП	ПН	НП	ПН
115	400	410	310	320	24	26

Примечание. НП – вдоль направления прокатки; ПН – поперек направления прокатки.

## Сталь 2311

Заменитель – сталь 2312.

Вид поставки – лист, рулонная сталь, лента резаная толщиной 0,65 и 0,50 мм. Рулонную сталь изготовляют шириной 500, 530, 600, 670, 740, 750, 805, 815, 825, 840, 860, 865, 880, 905, 935, 965, 990, 1000, 1015, 1030, 1050, 1065 мм.

### Размеры листа

Толщина, мм	Длина листов при ширине, мм		
	500	750	1000
0,50; 0,65	1500	1500	2000

Ленту изготовляют шириной 90, 95, 107, 123, 130, 138, 140, 150, 156, 160, 170, 175, 187, 200, 215, 226, 233, 250, 260, 280, 290, 300, 322, 325, 360, 400, 445 мм. Сталь поставляется термически обработанной на магнитные свойства с термостойким покрытием, не ухудшающим штампуемость.

Массовая доля кремния св. 1,8 до 2,8 %. Химический состав стали не нормируется. ГОСТ 21427.0–75, 21427.2–83.

Назначение – для магнитных цепей электрических машин, аппаратов и приборов.

### Магнитные свойства (ГОСТ 21427.2–83)

Толщина, мм	Удельные потери, Вт/кг, не более		Магнитная индукция, Тл, при напряженности магнитного поля, А/м, не менее	
	$P_{1,0/50}$	$P_{1,5/50}$	1000	2500
0,65	2,5	5,8	1,36	1,52
0,50	1,9	4,4	1,38	1,54

Анизотропия магнитной индукции при напряженности магнитного поля 2500 А/м не должна превышать 0,16 Тл.

Сталь должна иметь временное сопротивление  $\sigma_b = 290–590$  МПа и относительное удлинение  $\delta_4$  не более 30 %.

Пример условного обозначения: лента 0,50 × 250 – П – С – 2 – ТО – М – Б – 2311, ГОСТ 21427.2–83 (лента толщиной 0,50 мм, шириной 250 мм, повышенной точности прокатки, нормальной точности изготовления по ширине, повышенной точности по серповидности, класса неплоскостности 2, термически обработанная, с термостойким покрытием, не ухудшающим штампуемость, с коэффициентом заполнения группы Б, из стали марки 2311).

### Справочные данные

Толщина, мм	Магнитная индукция, Тл, при напряженности магнитного поля, А/м, не менее			Плотность стали, кг/м <sup>3</sup>	Удельное электро-сопротивление, нОм · м
	5000	10000	30000		
0,65	1,62	1,72	1,96	7750	400
0,50	1,64	1,74	1,96	7750	400

### Типичные механические свойства [191]

Твердость HV	σ <sub>s</sub> , МПа		σ <sub>0,2</sub> , МПа		δ <sub>s</sub> , %	
	НП	ПН	НП	ПН	НП	ПН
115	400	410	310	320	24	26

Примечание. НП – вдоль направления прокатки; ПН – поперек направления прокатки.

## Сталь 2412

Заменитель – сталь 2411.

Вид поставки – лист, рулонная сталь, лента резаная толщиной 0,50 и 0,35 мм. Рулонную сталь изготавливают шириной 500, 530, 600, 670, 740, 750, 805, 815, 825, 840, 860, 865, 880, 905, 935, 965, 990, 1000, 1015, 1030, 1050, 1065 мм.

### Размеры листа

Толщина, мм	Длина листов при ширине, мм		
	500	750	1000
0,35; 0,50	1500	1500	2000

Ленту изготавливают шириной 90, 95, 107, 123, 130, 138, 140, 150, 156, 160, 170, 175, 187, 200, 215, 226, 233, 250, 260, 280, 290, 300, 322, 325, 360, 400, 445 мм. Сталь поставляется термически обработанной на магнитные свойства с термостойким покрытием, не ухудшающим штампуемость.

Массовая доля кремния св. 2,8 до 3,8 %. Химический состав стали не нормируется. ГОСТ 21427.0–75, 21427.2–83.

Назначение – для магнитных цепей электрических машин, аппаратов и приборов.

## Магнитные свойства (ГОСТ 21427.2-83)

Толщина, мм	Удельные потери, Вт/кг, не более		Магнитная индукция, Тл, при напряженности магнитного поля, А/м, не менее	
	$P_{1,0/50}$	$P_{1,5/50}$	1000	2500
0,50	1,3	3,1	1,35	1,50
0,35	1,15	2,7	1,35	1,50

Анизотропия магнитной индукции при напряженности магнитного поля 2500 А/м не должна превышать 0,16 Тл.

Сталь должна иметь временное сопротивление  $\sigma_b = 290-590$  МПа и относительное удлинение  $\delta_4$  не более 30 %.

Пример условного обозначения: рулон 0,35 × 1000 – П – Ш – С – 1 – ТО – ТШ – А – 2412, ГОСТ 21427.2-83 (рулонная сталь толщиной 0,35 мм, шириной 1000 мм, повышенной точности прокатки, повышенной точности изготовления по ширине, повышенной точности по серповидности, класса неплоскостности 1, термически обработанная, с термостойким электроизоляционным покрытием, улучшающим штампуемость, с коэффициентом заполнения группы А, из стали марки 2412).

### Справочные данные

Толщина, мм	Магнитная индукция, Тл, при напряженности магнитного поля, А/м, не менее			Плотность стали, кг/м <sup>3</sup>	Удельное электросопротивление, нОм · м
	5000	10000	30000		
0,50	1,60	1,70	1,95	7650	500
0,35	1,60	1,70	1,95	7650	500

### Типичные механические свойства [191]

Твердость HV	$\sigma_b$ , МПа		$\sigma_{0,2}$ , МПа		$\delta_4$ , %	
	НП	ПН	НП	ПН	НП	ПН
115	400	410	310	320	24	26

Примечание. НП – вдоль направления прокатки; ПН – поперек направления прокатки.

# СТАЛЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ХОЛОДНОКАТАНАЯ АНИЗОТРОПНАЯ ТОНКОЛИСТОВАЯ

## Сталь 3406

Заменитель – сталь 3405.

Аналоги: при толщине 0,27 мм – 089-27-N5 (IEC), M089-27N (EURO NORM), M-4 (A.I.S.I.), 27Z130 (JIS); при толщине 0,30 мм – 097-30-N5 (IEC), M097-30N (EURO NORM), M-5 (A.I.S.I.), 30Z140 (JIS); при толщине 0,35 мм – 111-35-N5 (IEC), M111-35N (EURO NORM), M-6 (A.I.S.I.), 35Z155 (JIS).

Вид поставки – лист, рулонная сталь, лента резаная толщиной 0,27; 0,30 и 0,35 мм. Рулонную сталь изготовляют шириной 650, 700, 750, 800, 860 и 1000 мм.

### Размеры листа

Толщина, мм	Длина листов при ширине, мм					
	650	700	750	800	865	1000
0,27	1500	1500	1500	1500	1500	–
0,30	1500	1500	1500	1500	1500	2000
0,35	1500	1500	1500	1500	1500	2000

Резаную ленту изготовляют шириной 90, 170, 180, 190, 200, 240, 250, 300, 325, 360, 400, 465 и 500 мм. По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготовлять ленту другой промежуточной ширины.

Сталь поставляется в термически обработанном состоянии.

Массовая доля кремния св. 2,8 до 3,8 %. Химический состав стали не нормируется. ГОСТ 21427.0–75, 21427.1–83.

Назначение – для магнитных цепей электрических машин, трансформаторов и приборов.

### Магнитные свойства (ГОСТ 21427.1–83)

Толщина, мм	Удельные магнитные потери, Вт/кг, не более			Магнитная индукция, Тл, при напряженности магнитного поля, А/м, не менее	
	P <sub>1,0/50</sub>	P <sub>1,5/50</sub>	P <sub>1,7/50</sub>	100	2500
0,35	–	–	1,43	1,62	–
0,30	–	–	1,33	1,62	–
0,27	–	–	1,27	1,62	–

Сталь изготовляют:

толщиной 0,27 и 0,30 мм – с электроизоляционным термостойким покрытием ЭТ;

толщиной 0,35 мм – с электроизоляционным термостойким покрытием ЭТ, без покрытия с металлической поверхностью М и без электроизоляционного покрытия БП.

Остаточные напряжения не должны превышать 5 %.

Пример условного обозначения: *рулон 0,35 × 800 – П – С – 1 – ЭТ – А – ОН – 3406, ГОСТ 21427.1–83* (рулонная сталь толщиной 0,35 мм, шириной 800 мм, повышенной точности прокатки, нормальной точности изготовления по ширине, повышенной точности по серповидности, с неплоскостностью класса 1, с электроизоляционным термостойким покрытием, с коэффициентом заполнения группы А, с нормированными напряжениями, из стали марки 3406).

## Справочные данные

Плотность стали – 7650 кг/м<sup>3</sup>.

Удельное электросопротивление – 450–500 нОм · м.

### Типичные механические свойства [191]

Твердость <i>HV</i>	$\sigma_s$ , МПа		$\sigma_{0,2}$ , МПа		$\delta_4$ , %	
	НП	ПН	НП	ПН	НП	ПН
185	350	390	320	340	16	40

Примечание. НП – вдоль направления прокатки; ПН – поперек направления прокатки.

## Сталь 3408

Заменитель – сталь 3407

Аналоги: при толщине 0,27 мм – 089-27-N5 (IEC), M089-27N (EURO NORM), M-4 (A.I.S.I.), 27Z130 (JIS); при толщине 0,30 мм – 097-30-N5 (IEC), M097-30N (EURO NORM), M-5 (A.I.S.I.), 30Z140 (JIS); при толщине 0,35 мм – 111-35-N5 (IEC), M111-35N (EURO NORM), M-6 (A.I.S.I.), 35Z155 (JIS).

Вид поставки – лист, рулонная сталь, лента резаная толщиной 0,27; 0,30 и 0,35 мм. Рулонную сталь изготавливают шириной 650, 700, 750, 800, 860 и 1000 мм.

### Размер листа

Толщина, мм	Длина листов при ширине, мм					
	650	700	750	800	865	1000
0,27	1500	1500	1500	1500	1500	–
0,30	1500	1500	1500	1500	1500	2000
0,35	1500	1500	1500	1500	1500	2000

Резаную ленту изготавливают шириной 90, 170, 180, 190, 200, 240, 250, 300, 325, 360, 400, 465 и 500 мм. По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготавливать ленту другой промежуточной ширины.

Сталь поставляется в термически обработанном состоянии.

Массовая доля кремния св. 2,8 до 3,8 %. Химический состав стали не нормируется. ГОСТ 21427.0–75, 21427.1–83.

Назначение – для магнитных цепей электрических машин, трансформаторов и приборов.

### Магнитные свойства (ГОСТ 21427.1–83)

Толщина, мм	Удельные магнитные потери, Вт/кг, не более			Магнитная индукция, Тл, при напряженности магнитного поля, А/м, не менее	
	$P_{1,0/50}$	$P_{1,5/50}$	$P_{1,7/50}$	100	2500
0,35	–	–	1,30	1,74	–
0,30	–	–	1,20	1,74	–
0,27	–	–	1,14	1,74	–

Сталь изготавливают:  
толщиной 0,27 и 0,30 мм – с электроизоляционным термостойким покрытием ЭТ;

толщиной 0,35 мм – с электроизоляционным термостойким покрытием ЭТ, без покрытия с металлической поверхностью М и без электроизоляционного покрытия БП.

Остаточные напряжения не должны превышать 5 %.

Пример условного обозначения: *рулон 0,35 × 800 – П – С – 1 – ЭТ – А – ОН – 3408, ГОСТ 21427.1–83* (рулонная сталь толщиной 0,35 мм, шириной 800 мм, повышенной точности прокатки, нормальной точности изготовления по ширине, повышенной точности по серповидности, с неплоскостностью класса 1, с электроизоляционным термостойким покрытием, с коэффициентом заполнения группы А, с нормированными напряжениями, из стали марки 3408).

### Справочные данные

Плотность стали – 7650 кг/м<sup>3</sup>.

Удельное электросопротивление – 450–500 нОм · м.

### Типичные механические свойства [191]

Твердость <i>HV</i>	$\sigma_b$ , МПа		$\sigma_{0,2}$ , МПа		$\delta_4$ , %	
	НП	ПН	НП	ПН	НП	ПН
185	350	390	320	340	16	40

Примечание. НП – вдоль направления прокатки; ПН – поперек направления прокатки.

## ЛЕНТА СТАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ХОЛОДНОКАТАНАЯ АНИЗОТРОПНАЯ

### Сталь 3425

Заменитель – сталь 3424.

Вид поставки – лента толщиной от 0,05 до 0,15 мм в рулонах.

## Толщина, ширина ленты и минимальная масса рулона

Ширина ленты, мм	Масса рулона, кг, не менее, при толщине ленты, мм		
	0,05	0,08	0,15
5,0	0,08	0,10	0,20
6,5	0,10	0,15	0,30
8,0	0,10	0,20	0,30
10,0	0,35	0,50	1,80
12,0	0,45	1,20	2,0
12,5	0,45	1,20	2,0
15,0	0,50	1,40	3,5
16,0	0,60	1,50	4,0
20,0	0,70	1,80	5,0
25,0	0,90	2,3	6,0
28,0	1,00	2,6	6,0
30,0	1,00	2,6	6,0
32,0	1,10	3,0	6,0
35,5	1,25	3,0	6,0
40,0	1,40	3,5	7,0
50,0	—	4,0	9,0
64,0	—	6,0	15,0
71,0	—	6,5	16,0
80,0	—	—	18,0

Сталь поставляется в термически обработанном состоянии.

Массовая доля кремния св. 2,8 до 3,8 %. Химический состав стали не нормируется. ГОСТ 21427.0-75, 21427.4-83.

— Назначение — для магнитных цепей электрических аппаратов и приборов.

### Магнитные свойства (ГОСТ 21427.4-83)

Толщина, мм	Удельные потери, Вт/кг, не более		Магнитная индукция, Тл, при напряженности магнитного поля, А/м, не менее					
	P <sub>1,0/400</sub>	P <sub>1,5/400</sub>	B <sub>40</sub>	B <sub>80</sub>	B <sub>200</sub>	B <sub>400</sub>	B <sub>1000</sub>	B <sub>2500</sub>
0,15	—	17,0	1,10	1,35	1,50	1,65	1,75	1,82
0,08	—	15,0	1,05	1,30	1,50	1,65	1,75	1,82
0,05	—	15,0	1,05	1,30	1,50	1,65	1,75	1,82

По требованию потребителя ленту поставляют с определением коэрцитивной силы и удельных потерь при индукции 1,0 Тл и частоте 400 Гц.

Пример условного обозначения: лента 015 × 64 — ТО — БП — 3425, ГОСТ 21427.4-78 (лента толщиной 0,15 мм, шириной 64 мм, термически обработанная, без покрытия, из стали марки 3425).

### Справочные данные

Плотность стали — 7650 кг/м<sup>3</sup>.

Удельное электросопротивление — 500 нОм·м.



# СПЛАВЫ ПРЕЦИЗИОННЫЕ МАГНИТНО-МЯГКИЕ

## Сплав 50Н

Заменитель – сплав 45Н.

Сплав с высокой магнитной проницаемостью и повышенной индукцией насыщения, не менее 1,5 Тл.

Виды поставляемого полуфабриката – холоднокатаные ленты, горячекатаные ленты и прутки.

Назначение – для сердечников междуламповых и малогабаритных силовых трансформаторов, дросселей, реле и деталей магнитных цепей, работающих при повышенных индукциях без подмагничивания или с небольшим подмагничиванием, для изготовления электромагнитных экранов и магнитопроводов разных типов [195].

### Химический состав, % (ГОСТ 10994–74)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Co	Cu	Fe
не более			не более						не более	
0,03	0,15–0,30	0,3–0,6	0,02	0,02	–	49,0–50,5	–	–	0,2	Ост.

### Магнитные свойства для холоднокатаной ленты после термообработки (ГОСТ 10160–75)

Толщина, мм	Проницаемость, не менее		Коэрцитивная сила, А/м, не более	Техническое насыщение, Тл, не менее
	начальная	максимальная		
0,05–0,08	2000	20000	20	1,5
0,10–0,15	2300	25000	16	1,5
0,20–0,25	2600	30000	12	1,5
0,35–0,50	3000	35000	10	1,5
0,80–1,5	3000	30000	12	1,5
2,0–2,5	2800	25000	13	1,5

Примечание. Термообработка – отжиг в вакууме, см. таблицу, приведенную ниже.

### Режим отжига в вакууме

Температура и скорость нагрева	Выдержка при температуре нагрева	Режим охлаждения
1100–1150 °С, 400–500 град/ч	3–6 ч	До 600 °С $v_{охл} = 100–200$ град/ч, с 600 до 200 °С $v_{охл} \leq 500$ град/ч

### Механические свойства [195]

Состояние	$\sigma_s$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	Твердость НВ
Без термообработки	800	700	3,0	15	170
После термообработки	450	150	35	60	130

### Физические свойства [195]

Константа анизотропии –  $8 \cdot 10^2$  Дж/м<sup>3</sup>.

Магнитострикция насыщения –  $25 \cdot 10^{-6}$ .

Плотность – 8200 кг/м<sup>3</sup>.

Температура Кюри – 500 °С.

Удельное электросопротивление – 450 нОм · м.

## Сплав 81НМА

Заменитель – 80НХС, 83НФ.

Сплав с наивысшим значением магнитной проницаемости в слабых постоянных и переменных магнитных полях с пониженной чувствительностью к механическим воздействиям и повышенной прочностью. В зависимости от окончательной термообработки  $\sigma_b$  может иметь значение от 640 до 1270 МПа.

Назначение – для сердечников магнитных головок, малогабаритных трансформаторов, дросселей, реле, дефектоскопов, магнитных экранов, феррозондов для применения в радиоэлектронной аппаратуре высокой чувствительности.

### Химический состав, % (ГОСТ 10994–74)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Co	Cu	Fe	Ti
не более					–	80,5–81,7	4,7–5,2	–	–	Ост.	2,5–3,3 (ост.)
0,01	0,1	0,35	0,01	0,01	–	80,5–81,7	4,7–5,2	–	–	Ост.	2,5–3,3 (ост.)

### Магнитные свойства для холоднокатаной ленты и листов в постоянных полях (ГОСТ 10160–75, ТУ 14-1-1281–75, ТУ 14-1-2672–79)

Толщина, мм	Проницаемость		Козрцитивная сила, А/м, не более	Техническое насыщение, Тл, не менее
	начальная	максимальная		
0,02	50000	–	–	0,5
0,05; 0,1; 0,2	50000	–	–	0,5
0,35	70000	250000	1,2	0,5
0,50	70000	250000	1,2	0,5
0,80	50000	200000	1,2	0,5
1,0; 1,5; 2,0	50000	200000	1,2	0,5

### Магнитные свойства для холоднокатаной ленты в переменных полях (ГОСТ 10160–75)

Толщина, мм	Класс	Амплитудная магнитная проницаемость для частоты, кГц				
		1	10	15	100	1000
0,02	I	–	45000	–	18000	3000
0,05		–	18000	–	4000	800
0,1		35000	9000	–	–	–
0,2	II	15000	4000	–	–	–
0,02		70000	60000	–	20000	3500
0,05		80000	22000	–	4500	1000
0,1		45000	11000	–	–	–
0,2		20000	5500	–	–	–

### Механические свойства [195]

Состояние	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	Твердость НВ
Без термообработки	–	–	–	–	–
После термообработки	600–700	250	25	–	140–160

## Сплав 49К2Ф

Сплав с высоким магнитным насыщением, высокой и постоянной проницаемостью, высокой магнитострикцией и высокой точкой Кюри.

Назначение — для сердечников магнитострикционных преобразователей ультразвуковой, гидроакустической аппаратуры, электромеханических фильтров, линий задержки.

### Химический состав, % (ГОСТ 10994–74)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Co	Cu	Fe	V
не более						не более					
0,05	0,30	0,3	0,02	0,02	—	0,5	—	48,0–50,0	—	Ост.	1,7–2,1 (ост.)

### Магнитные свойства для холоднокатаной ленты (ГОСТ 10160–75)

Толщина, мм	Класс	Магнитная индукция, Тл, в полях, А/м			Коэрцитивная сила, А/м, не более	Другие свойства
		400	2500	15000		
0,20	I	—	—	2,25	160	$\lambda_s = 60 \cdot 10^{-6}$
0,20	II	—	—	2,25	160	$\mu_{0,8} = 700$

### Механические свойства [195]

Состояние	$\sigma_s$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	Твердость
Без термообработки	1350	—	1,0	HRC 35
После термообработки	500	350	1,0	HRB 90

### Физические свойства [195]

Индукция при техническом насыщении — 2,35 Тл.

Коэрцитивная сила — 20–200 А/м.

Плотность — 8150 кг/м<sup>3</sup>.

Температура Кюри — 950 °С.

Удельное электрическое сопротивление — 400 нОм · м.

## СПЛАВЫ ПРЕЦИЗИОННЫЕ МАГНИТНО-ТВЕРДЫЕ

### Сплав 52К13Ф

Заменитель — сплав 50К12Ф.

Сплав с магнитной энергией  $(16–24) \cdot 10^3$  Тл · А/м. Приобретает магнитные свойства после холодной деформации 70–90 % и последующего отпуска. Сплав анизотропен. Проволока после специальной термомеханической обработки обладает коэрцитивной силой  $(32–40) \cdot 10^3$  А/м при индукции 0,80–1,0 Т.

Назначение — для малогабаритных постоянных магнитов.

### Химический состав, % (ГОСТ 10994-74)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	V	Co	Fe
не более									
0,12	0,5	0,5	0,02	0,025	0,5	0,7	12,6-13,5	52,0-54,0	Ост.

### Магнитные свойства (ТУ 14-1-826-74, ТУ 14-1-803-73)

Вид продукции	Толщина или диаметр, мм	$H_{св}$ , кА/м	$B_r$ , Тл	$B_r H_{св}$ , Тл · кА/м
		не менее		
Лист, лента	0,2-1,3	28,0	0,6	18,4
Проволока	0,5-3,0	28,0	0,85	24,0

### Технологические свойства

После холодной прокатки допускают механическую обработку (резание, штамповку). После отпуска из-за высокой твердости возможны лишь шлифование и резание специальными методами (электрохимическим, анодно-механическим, электроэрозионным).

### Сплав 35КХ8Ф

Заменитель — сплав 35КХ6Ф.

Сплав с заданными параметрами частной (в поле максимальной проницаемости) петли гистерезиса. Приобретает магнитные свойства после холодной деформации и отпуска. Анизотропен, но может изготавливаться с пониженной анизотропией.

Назначение — для активной части гистерезисных двигателей.

### Химический состав, % (ГОСТ 10994-74)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	V	Co	Fe
не более									
0,09	0,30	0,4	0,02	0,02	7,5-8,5	-	7,5-8,5	34,3-35,8	Ост.

### Гистерезисные свойства листов сплава (ТУ 14-1-1252-75) [195]

Толщина, мм	$H_{л\max}$ , кА/м	$B_{л\max}$ , Тл	$H_{сл\max}$ , кА/м	$B_{л\max}$ , Тл	$P_{л\max}$ , кДж/м <sup>3</sup>	$(B_r/B)_{л\max}$
0,3-1,0	6,4-8,0	1,02-1,17	4,0-5,2	0,80-1,05	13,6-21,0	≥ 0,67

### Магнитные свойства листов и лент на предельном цикле намагничивания (ТУ 14-1-1225-75, ТУ 14-1-1870-75)

$H_{св}$ , кА/м	$B_r$ , Тл	$B_r H_{св}$ , Тл · кА/м
не менее		
4,8	1,1	-

### Механические свойства [195]

$\sigma_B = 1570-1960$  МПа.  
Твердость HRC 50.

### Физические свойства [195]

Плотность – 7900 кг/м<sup>3</sup>.

Температура Кюри – 850 °С.

Удельное электросопротивление – 800–850 нОм · м.

### Сплав EX3

Заменитель – сплав EX5K5.

Легированный магнитно-твердый сплав с коэрцитивной силой от 5 до 12 кА/м и остаточной индукцией от 0,8 до 1,0 Т.

Назначение – для постоянных магнитов неответственного назначения.

### Химический состав, % (ГОСТ 10994–74)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Fe
			не более				
0,90–1,1	0,17–0,40	0,2–0,4	0,02	0,03	2,8–3,6	0,3	Ост.

### Магнитные свойства (ГОСТ 6862–71, ТУ 14-1-1054–74) [195]

Вид продукции	Размеры, мм	$H_{св}$ , кА/м	$B_r$ , Тл
		не менее	
Пруток	∅ □ ≤70; □ (≤25)×(≤50)	4,76	0,95
Лист	1,6–3,9	4,76	0,95

### Механические свойства [195]

$\sigma_s$  – 2060 МПа.

Твердость *HB* 285–229 (пруток), *HB* 320 (лист).

### Физические свойства [195]

Плотность – 7800 кг/м<sup>3</sup>.

Удельное электросопротивление – 290 нОм · м.

$(BH)_{max}$  – 1,19 Тл · кА/м.

# СПЛАВЫ ПРЕЦИЗИОННЫЕ С ЗАДАНЫМ ТЕМПЕРАТУРНЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ

## Сплав 36НХ

Заменитель – сплав 39Н.

Сплав с минимальным температурным коэффициентом линейного расширения  $(1,0-2,0) \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$  в интервалах температур от 20 до 100 °С и от 20 до -258 °С. Сплав ферромагнитный.

Для конструкций, работающих при низких температурах, и трубопроводов для криогенных жидкостей.

Вид поставки – 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.

### Химический состав, % (ГОСТ 10994-74)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Fe
не более			не более				не более	
0,05	0,30	0,3-0,6	0,015	0,015	0,4-0,6	35,0-37,0	0,25	Ост.

### Значения ТКЛР ( $\alpha$ )

Термообработка	$\alpha \cdot 10^6, \text{ K}^{-1}$ в разных интервалах температур, °С						
	20-(-100)	20-(-65)	20-50	20-80	20-100	20-200	20-300
830 °С, 30 мин, вода + 315 °С, 1ч	1,2	1,0	0,8	1,3	1,6	2,8	6,6

### Механические свойства в зависимости от температуры [195]

$t_{\text{исп}}, \text{ °C}$	$\sigma_{\text{в}}, \text{ МПа}$	$\sigma_{0,2}, \text{ МПа}$	$\delta, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Термообработка
30	430	260	50	83	280	Закалка с 840 °С в воде
-196	850	570	43	72	260	
-253	970	690	50	68	230	

### Технологические свойства

Сплавы можно подвергать горячей и холодной обработке давлением, резке, сварке и пайке. Сварка в аргоне.

## СПЛАВЫ ПРЕЦИЗИОННЫЕ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ УПРУГОСТИ

### Сплав 42НХТЮ

Заменитель – сплав 44НХТЮ.

Сплав дисперсионно-твердеющий с низким температурным коэффициентом модуля упругости до 100 °С ( $20 \cdot 10^{-6}$  1/°С) с временным сопротивлением 1180–1570 МПа (элинвар) [195].

Назначение – для упругих чувствительных элементов, работающих при температуре до 100 °С, расходомеры, регуляторы скорости, датчики линейных ускорений, измерители плотности жидкостей, динамометры электронных весов.

#### Химический состав, % (ГОСТ 10994–74)

C не более	Si	Mn	S		P		Cr	Ni	Ti	Al	Fe
			не более								
0,05	0,5–0,8	0,5–0,8	0,02	0,02	5,3–5,9	41,5–43,5	2,4–3,0	0,5–1,0	Ост.		

#### Нормируемые свойства (ГОСТ 14117–69, ГОСТ 14118–69, ГОСТ 14119–69)

Вид продукции	Толщина или диаметр, мм	Термообработка	Нормируемые свойства
Лента	0,1–2,0	Закалка с 910 °С в воде Закалка с 910 °С, вода + старение при 690 °С, 3 ч	$\delta \geq 30\%$ ; $HRB \geq 90$ $\sigma_s \geq 1100$ МПа; $\delta \geq 8\%$ ; $HRC \geq 30$
Проволока	0,3–5,0	–	$\sigma_s \geq 1100$ МПа
Пруток	8,0–120	–	–

### Сплав 40КХНМ

Сплав с временным сопротивлением проволоки 2450–2650 МПа с модулем нормальной упругости 196000 МПа, немагнитный коррозионноустойчивый в агрессивных средах и в условиях тропического климата, деформационно-твердеющий.

Назначение – для заводских пружин часовых механизмов, витых цилиндрических пружин, работающих при температуре до 400 °С, для кернов электроизмерительных приборов. В медицине – для изготовления скобок для сшивания кровеносных сосудов (проволока диаметром 0,1–0,15 мм), при лечении костных переломов (“гвозди” из проволоки диаметром 3–5 мм) [195], а также для хирургических инструментов.

#### Химический состав, % (ГОСТ 10994–74)

C не более	Si	Mn	S		P		Cr	Ni	Mo	Ti	Al	Co	Fe
			не более										
0,07–0,12	0,5	1,8–2,2	0,02	0,02	19,0–21,0	15,0–17,0	6,4–7,4	–	–	39,0–41,0	Ост.		

## Нормируемые свойства (ГОСТ 14117-69, ГОСТ 14118-69)

Вид продукции	Диаметр или толщина, мм	$\sigma_b$ , МПа
Лента	0,1-1,0	980-1760
Проволока	0,1-0,5	1370-2160
	> 0,5-1,0	1270-1860
	> 1,0-5,0	980-1760

Примечание. Состояние – холодная деформация.

### Механические свойства [195]

Термообработка	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_{0,005}$ , МПа	$\delta$ , %	Твердость НВ
Закалка с 1100-1150 °С в воде	700-800	-	-	40-50	180-200
Закалка + холодная деформация 70 % + старение при 400-500 °С, 4 ч	2450-2650	2250-2450	1700	3-5	600-700

### Крутящий момент и живучесть заводных пружин [195]

Размер, мм	Режим старения	Крутящий момент, Н·м	Живучесть пружины (число циклов нагрузки до разрушения)
0,32 × 6,75	420 °С, 4 ч	2,23/2,29	60543/26031
0,62 × 25	320 °С, 4 ч	2,78/2,56	66923/34904

Примечание. Числитель – вакуумная выплавка, знаменатель – открытая.

## СПЛАВЫ ПРЕЦИЗИОННЫЕ СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ

### Сплав 70ТМ-ВД

Сплав обладает узким сверхпроводящим переходом при 4,5 К (ширина не более 0,2 К), высоким удельным электросопротивлением 1,0 мкОм·м, слабо меняющимся с температурой (относительное изменение его в диапазоне от 5 до 293 К не превышает 10 %). Изготавливается в виде проволоки диаметром 0,25-0,35 мм в медной оболочке;  $\sigma_b = 980$  МПа [195].

Назначение – для уровней жидкого гелия.

### Химический состав, % (ГОСТ 10994-74)

C	Ti	Nb	Zr	Mo	Re + Fe	O	N
≤ 0,03	73,5-76,0	-	-	24,0-26,0	≤ 2,5	-	-

### Технологические свойства

Сплав можно подвергать горячей деформации в строго определенном интервале температур и холодному волочению с применением специальных промежуточных термических обработок [195].



## СПЛАВЫ ПРЕЦИЗИОННЫЕ С ВЫСОКИМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

### Сплав Х23Ю5Т

Заменитель — сплав Х27Ю5Т.

Сплав жаростоек в окислительной атмосфере, содержащей серу и сернистые соединения, углеродосодержащей, водороде, вакууме, работает в контакте с высокоглиноземистой керамикой, не склонен к язвенной коррозии, склонен к провисанию при высоких температурах, не выдерживает резких динамических нагрузок.

Назначение — для нагревательных элементов с предельной рабочей температурой 1400 °С в промышленных и лабораторных печах, а также для бытовых приборов и электрических аппаратов теплового действия.

#### Химический состав, % (ГОСТ 10994-74)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Ti	Al	Fe	Остальные элементы (расчетные)
не более					22,0-24,0	≤ 0,6	0,2-0,5	5,0-5,8	Ост.	Ce 0,1; Ca 0,1
0,05	0,5	0,5	0,015	0,030						

#### Нормируемые свойства сплава (ГОСТ 12766.1-90, ГОСТ 12766.2-90, ГОСТ 12766.3-90, ГОСТ 12766.4-90)

Вид продукции	Размеры, мм	Температура испытания на живучесть, °С	Живучесть, ч, не менее		ρ, мкОм · м	R <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> /R <sub>ср.</sub> , %, не более	δ, %, не менее
			нормальная	повышенная			
Проволока	∅ 0,3-3,0	1200	120	150	1,34-1,45	5	-
	∅ 3,2-6,0	1200	120	-	1,34-1,45	5	-
	∅ 6,3-7,5	1200	120	-	1,34-1,45	5	12
Лента	h 0,2-3,2	1200	120	-	1,34-1,45	5	-
Пруток калиброванный	8-10	1200	120	-	1,34-1,45	5	12

#### Механические свойства в зависимости от температуры [195]

Термообработка	t, °С	σ <sub>s</sub> , МПа	σ <sub>0,2</sub> , МПа	δ, %	ψ, %
760 °С, вода	20	650	540	23	72
	400	608	431	16	53
	600	372	352	30	79
	800	117	-	58	94
	1000	16,6	-	122	96
	1200	8,8	-	-	-

#### Технологические свойства

Свариваемость — рекомендуется АДС.

Склонность к отпускной хрупкости — склонен.

## Сплав Х27Ю5Т

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 12766.4–90. Калиброванный пруток ГОСТ 12766.3–90. Лента ГОСТ 12766.2–90. Проволока ГОСТ 12766.1–90.

Назначение – для электронагревательных элементов печей с предельной рабочей температурой 1350 °С.

### Химический состав, % (ГОСТ 10994–74)

С	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Zn	Ti	Al
не более						не более			
0,05	0,6	0,3	0,015	0,02	26,0–28,0	0,6	0,1	0,15–0,40	5,0–5,8

### Механические свойства проволоки сечением 0,1–7,5 мм в зависимости от температуры испытаний (ГОСТ 12766.1–90)

Режим термообработки	$t_{исп}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
Нагрев 760 °С, 30 мин, охл. в воде	20	534	663	16	–
	200	425	660	24	62
	400	357	605	25	53
	600	354	375	33	71
	800	–	87	76	97
	1000	–	13	127	–
	1200	–	9	118	–

### Технологические свойства [82]

Температураковки, °С: начала – 1150, конца – 1000.

Свариваемость – способы сварки: РДС и АДС. Сварка нагревателей с рабочей температурой выше 1100 °С производится постоянным током электродами из того же материала с обмазкой 0,3Л-8. Сварка нагревателей с рабочей температурой до 1100 °С – обычными электродами из жаростойких материалов: АДС – неплавящимися электродами с применением присадочного материала из сплава Х27Ю5Т. При сварке нагревателей необходимо прикрывать их асбестовыми листами во избежание попадания брызг и повреждения проволоки в этом месте.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна в интервале температур 400–500 °С.

## Сплав Х15Н60-Н

Заменитель – сталь Х25Н20.

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 12766.4–90. Калиброванный пруток ГОСТ 12766.3–90. Лента ГОСТ 12766.2–90, ГОСТ 12766.5–90. Проволока ГОСТ 12766.1–90.

Назначение – для электронагревательных элементов печей с предельной рабочей температурой 1100–1200 °С и бытовых приборов.

### Химический состав, % (ГОСТ 10994-74)

С не более	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Ti	Al	Zn
		не более					не более		
0,06	1,0-1,5	0,6	0,015	0,02	15,0-18,0	55,0-61,0	0,2	0,2	0,5

### Механические свойства проволоки сечением 0,1-7,5 мм в зависимости от температуры испытаний (ГОСТ 12766.1-90)

Термообработка	$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_a$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
Нагрев 950 °С, 20 мин, охл. в воде	20	264	645	32	60
	600	254	402	22	40
	700	226	284	30	52
	800	127	166	33	50
	900	-	108	24	45
	1000	-	59	35	44
	1100	-	38	20	34
	1200	-	28	17	32

### Технологические свойства [85]

Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки – АДС. Газовую сварку не применять.

### Сплав Х20Н80-Н

Вид поставки – сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 12766.4-90. Калиброванный пруток ГОСТ 12766.3-90. Лента ГОСТ 12766.2-90, ГОСТ 12766.5-90. Проволока ГОСТ 12766.1-90

Назначение – для электронагревательных элементов печей с предельной рабочей температурой 1100-1200 °С и бытовых приборов.

### Химический состав, % (ГОСТ 10994-74)

С не более	Si	Mn	S	P	Cr	Fe	Ti	Al	Zn
		не более				не более			
0,06	1,0-1,5	0,6	0,015	0,02	20,0-23,0	1,0	0,2	0,2	0,5

### Механические свойства проволоки сечением 0,1-7,5 мм в зависимости от температуры испытаний (ГОСТ 12766.1-90)

Термообработка	$t_{исп.}$ , °С	$\sigma_a$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
Нагрев 1200 °С, 20 мин, охл. на воздух	20	656	45	61
	700	431	40	40
	800	215	70	72
	900	92	55	82
	1000	71	70	62
	1100	35	130	93
	1150	27	110	96
1200	22	102	98	

### Технологические свойства [85]

Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки: РДС. Газовую сварку не применять.

## СПЛАВЫ ПРЕЦИЗИОННЫЕ – ТЕРМОБИМЕТАЛЛЫ

### Термобиметалл ТБ160/122 (ТБ1613)

Термобиметалл с высоким коэффициентом чувствительности  $(23-28) \cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup> и высоким удельным электрическим сопротивлением  $(1,18-1,27)$  мкОм · м.

Марки составляющих термобиметалла: 75ГНД – активный слой, 45НХ – пассивный, ГОСТ 10533–86, ГОСТ 10994–74.

#### Химический состав составляющих термобиметалла, % (ГОСТ 10994–74)

Сплав	C	Si	Mn	S		Cr	Ni	Cu	Fe
				не более					
75ГНД	0,05	≤0,5	Основа	0,02	0,03	–	14,0–16,0	9,5–11,0	≤0,8
45НХ	0,05	0,15–0,30	0,4–0,6	0,02	0,02	5,0–6,5	44,0–46,0	–	Ост.

## СТАЛИ НЕМАГНИТНЫЕ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ

### Сталь 60Х3ГН8В

Назначение – заготовки бандажных колец для турбогенераторов по ТУ 24.00.3748–85.

Сталь немагнитная.

#### Химический состав, % (ГОСТ 12344–88)

C	Mn	Cr	Ni	W	Si	S	P
					не более		
0,58–0,68	7,5–9,5	3,0–4,0	7,5–9,0	0,5–1,0	0,5	0,025	0,040

#### Механические свойства (ТУ 24.00.3748–85)

Группа прочности	Зона отбора образцов (по толщине)	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_s$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU_1$ , Дж/см <sup>2</sup>
1	Внутренняя	588	735	25	35	98
2	То же	700	834	22	35	98
3	Наружная	735	883	20	35	–
	Внутренняя	834	932	20	35	88
4	Наружная	834	912	20	35	–
	Внутренняя	883	961	20	35	88
5	Наружная	863	912	20	35	–
	Внутренняя	981	1040	20	35	88

## Сталь 60Х3Г8Н8В

Назначение — заготовки бандажных колец для турбогенераторов по ТУ 24.00.3748088.

Сталь немагнитная.

### Химический состав, % (ГОСТ 12344–88)

С	Mn	Cr	Ni	W	Si	S	P
					не более		
0,58–0,60	7,5–9,5	3,0–4,0	7,5–9,0	0,5–1,0	0,5	0,025	0,040

### Механические свойства (ТУ 24.00.3748–85)

Группа прочности	Зона отбора образцов (по толщине)	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
1	Внутренняя	588	735	25	35	98
2	То же	700	834	22	35	98
3	Наружная	735	883	20	35	—
4	Внутренняя	834	932	20	35	88
	Наружная	834	912	20	35	—
5	Внутренняя	883	961	20	35	88
	Наружная	863	912	20	35	—
	Внутренняя	981	1040	20	35	88

## Сталь 12Х18АГ18–Ш

Назначение — заготовки бандажных колец для турбогенераторов по ТУ 24.00.4821–89.

Сталь немагнитная коррозионностойкая.

### Химический состав, % (ГОСТ 12344–88)

С не более	Si	Mn	Cr	N	Ni	V	S	P
					не более			
0,12	0,20–0,81	17,5–20	17,5–20,0	0,5–0,7	0,5	0,1	0,010	0,040

### Механические свойства (ТУ 24.00.4821–89)

Группа прочности	Зона отбора образцов (по толщине)	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>
1	Внутренняя	588	735	30	50	147
2	То же	706	834	30	50	147
3	Наружная	735	834	30	56	98
4	Внутренняя	834	932	25	50	98
	Наружная	785	863	25	45	—
5	Внутренняя	883	961	20	40	98
	Наружная	863	942	25	45	—
6	Внутренняя	981	1020	20	40	98
	Наружная	961	1000	20	40	—
	Внутренняя	1128	1148	18	35	98

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

### Модуль нормальной упругости $E$

Сталь	$E$ , ГПа, при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
ВСтЗкп	213	208	202	195	187	176	167	153	-	-
ВСт2пс	198	183	175	167	158	-	-	-	-	-
ВСт3пс	213	208	202	195	187	176	167	153	-	-
ВСт4пс	196	183	174	167	158	-	-	-	-	-
ВСт6пс	198	196	186	175	167	-	-	-	-	-
ВСт6пс	197	197	186	175	168	-	-	-	-	-
ВСт6сп	197	197	186	175	168	-	-	-	-	-
ВСт2сп	198	183	175	167	158	-	-	-	-	-
ВСт3сп	194	192	187	183	178	167	159	146	120	99
ВСт6сп	198	196	191	185	164	-	-	-	-	-
15К	207	204	201	196	187	176	162	-	-	-
20К	207	204	201	196	187	176	162	-	-	-
22К	207	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16ГС	-	-	-	181	172	162	-	-	-	-
14Г2АФ	-	196	200	194	186	177	167	148	124	106
10ХСНД	-	197	201	195	188	180	169	156	135	123
08кп	203	207	182	153	141	-	-	-	-	-
10кп	186	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15кп	201	192	185	172	156	-	-	-	-	-
20кп	212	208	203	197	189	177	163	140	-	-
08пс	203	206	183	-	-	-	-	-	-	-
10пс	186	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15пс	201	192	185	172	156	-	-	-	-	-
20пс	212	208	203	197	189	177	163	140	-	-
25пс	198	196	191	186	163	-	-	-	-	-
08	203	207	182	153	141	-	-	-	-	-
10	206	199	195	186	178	169	157	-	-	-
15	201	192	185	176	156	-	-	-	-	-
20	212	208	203	197	189	177	163	140	-	-
25	198	196	191	186	163	-	-	-	-	-
30	200	196	191	185	-	-	164	-	-	-
35	206	197	187	156	168	-	-	-	-	-
40	212	206	201	192	176	163	151	131	118	-
45	200	201	193	190	172	-	-	-	-	-
50	216	213	207	200	180	171	154	136	123	-
55	210	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Сталь	E, ГПа, при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	806	900
60	204	-	208	189	174	-	-	-	-	-
65	205	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	206	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	191	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	191	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15Г	-	186	183	-	-	-	-	-	-	-
20Г	204	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30Г	204	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40Г	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50Г	216	213	208	199	185	174	160	142	130	-
10Г2	204	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35Г2	204	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40Г2	212	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45Г2	204	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50Г2	204	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15Х	215	212	194	191	179	170	162	142	132	-
20Х	216	213	198	193	181	171	165	143	133	-
30Х	208	211	-	197	-	175	-	-	-	-
35Х	214	-	-	207	-	176	-	-	-	-
38ХА	196	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40Х	214	211	206	203	185	176	164	143	132	-
45Х	206	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50Х	207	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15ХФ	206	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40ХФА	215	212	205	199	182	173	166	144	135	-
18ХГТ	211	205	197	191	176	168	155	136	129	-
20ХГР	207	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25ХГСА	213	206	194	187	175	168	163	143	130	-
30ХГТ	212	202	195	189	174	169	157	138	132	-
30ХГС	194	185	173	169	166	156	-	-	-	-
30ХГСА	215	211	203	196	184	173	164	143	125	-
30ХС	214	206	296	186	176	168	157	137	127	-
38ХС	211	203	194	184	174	166	157	139	127	-
40ХС	219	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12МХ	212	206	200	195	189	179	170	160	-	-
15ХМ	205	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30ХМ	208	207	204	197	188	176	160	-	-	-
30ХМА	208	207	204	197	188	176	160	-	-	-
35ХМ	213	212	206	201	191	183	-	-	-	-
38ХМА	211	201	194	184	174	169	166	141	129	-
12Х1МФ	198	193	188	183	175	167	157	151	-	-
25Х1МФ	213	207	204	194	187	176	164	-	-	-
25Х2М1Ф	217	211	205	200	193	186	174	-	-	-
38Х2МЮА	209	202	194	190	181	174	162	147	137	-
20Х3МВФ	207	204	200	193	186	182	177	171	164	-
15Х5М	211	-	-	-	178	145	102	-	-	-
60Г	204	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65Г	215	213	207	200	180	170	154	136	128	-
55С2	196	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60С2	212	206	198	192	181	178	158	144	134	-
60С2А	212	206	198	192	181	178	158	144	134	-
70С3А	214	208	198	192	185	180	152	139	132	-
50ХФА	218	215	210	200	188	178	160	142	132	-

Сталь	E, ГПа, при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
60С2ХА	196	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60С2ХФА	191	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65С2ВА	211	206	200	195	185	178	154	136	131	-
60С2Н2А	191	-	-	-	-	-	-	-	-	-
А12	198	183	-	166	-	-	-	-	-	-
ШХ15	211	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ШХ15СГ	211	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40ХН	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12ХН2, 12ХН2А	211	203	196	190	176	172	154	141	130	-
12ХН3А	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20ХН3А	212	204	194	188	169	169	153	138	132	-
30ХН3А	215	207	195	187	175	171	-	-	-	-
12Х2Н4А	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20Х2Н4А	203	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30ХГСН2А	195	-	-	180	168	135	-	-	-	-
30ХН2МА	204	201	194	186	182	171	159	-	-	-
40ХН2МА	215	211	201	190	177	173	-	-	-	-
38ХН3МА	207	203	196	192	182	173	167	147	135	-
38Х2Н2МА	213	206	194	180	174	164	157	141	129	-
18Х2Н4МА, 18Х2Н4ВА	200	165	141	-	139	-	-	-	-	-
34ХН3М	207	203	198	192	182	173	-	-	-	-
30ХН2МФА	216	207	206	188	176	169	-	-	-	-
36Х2Н2МФА	212	204	198	186	173	166	156	139	127	-
38ХН3МФА	210	203	197	190	184	176	170	154	137	-
45ХН2МФА	216	207	197	188	176	168	152	136	128	-
У8	209	205	199	192	185	175	166	-	-	-
У8А	209	205	199	192	185	175	166	-	-	-
У9	207	-	-	-	-	-	-	-	-	-
У9А	207	-	-	-	-	-	-	-	-	-
У12	209	205	200	193	185	178	166	-	-	-
У12А	209	205	200	193	185	178	166	-	-	-
9ХС	190	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3Х2В8Ф	224	218	211	204	196	187	177	-	-	-
3Х3М3Ф	207	-	-	177	-	-	-	-	-	-
4Х5МФ1С	207	-	-	187	-	-	160	-	-	-
Р6М5К5	220	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Р9	220	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Р9М4К8	229	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Р18	228	223	219	210	201	192	181	-	-	-
40Х10С2М	214	211	205	202	196	187	172	151	129	-
08Х13	217	212	206	198	189	180	-	-	-	-
12Х13	217	212	206	198	189	180	-	-	-	-
20Х13	218	214	208	200	189	181	169	-	-	-
30Х13	216	212	206	196	187	177	166	-	-	-
40ХГ3	214	208	202	194	185	173	160	-	-	-
10Х14АГ15	205	-	-	-	179	-	-	-	-	-
12Х17	232	227	219	211	201	192	182	165	148	-



Сталь	E, ГПа, при температуре испытаний, °C									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
08X17T	206	-	-	-	-	-	-	-	-	-
95X18	204	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15X25Г	204	200	197	189	176	164	140	124	119	109
15X28	220	216	210	204	193	184	165	-	-	-
10X14П4Н4Т	194	189	181	170	164	159	161	-	-	-
14X17H2	193	-	-	164	-	148	133	-	-	-
12X18H9	199	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17X18H9	199	-	-	-	-	-	-	147	-	-
08X18H10	196	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12X18H9T	195	189	182	175	167	180	153	143	135	-
12X18HЮТ	198	194	189	181	174	166	157	147	-	-
08X18H10T	196	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12X18H12T	210	198	193	186	177	170	157	147	-	-
08X22H6T	203	201	193	181	165	162	154	141	139	-
20X23H13	207	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20X23H18	200	-	-	182	176	170	160	150	141	-
12X25H16Г7АР	193	186	178	171	163	156	147	138	131	127
15X12ВНМФ	212	207	202	196	190	181	167	-	-	-
20X12ВНМФ	212	207	202	196	190	181	167	-	-	-
37X12H8Г8МФБ	171	-	157	147	140	133	125	115	-	-
45X14H14B2M	208	196	190	181	173	166	157	149	141	-
40X15H7Г7Ф2МС	185	-	187	157	147	147	147	118	118	-
10X17H13M2T	206	-	186	177	177	167	157	147	-	-
31X19H9MBBT	201	-	-	186	181	175	167	157	-	-
06XH28MДТ	-	191	186	179	171	161	156	151	145	-
ХН35ВТ	198	195	190	186	179	173	166	158	150	-
ХН35ВТЮ	214	206	198	195	189	181	170	163	148	-
ХН70Ю	191	182	173	166	156	147	137	118	94	-
ХН70ВМЮТ	221	217	211	205	198	193	186	178	-	-
ХН70ВМТЮФ	196	-	-	-	-	167	162	152	142	127
ХН77ТЮР	196	-	-	-	-	-	157	147	128	-
ХН78Т	224	219	213	206	200	193	184	-	-	-
ХН80ТБЮ	220	217	211	206	200	193	184	174	-	-
08X18Г8H2T	212	203	195	184	177	164	167	146	161	-
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	-
35ХГСЛ	215	211	203	196	184	174	164	143	125	-
40ХЛ	219	216	210	204	185	176	164	143	132	-
35ХМЛ	215	212	207	203	192	179	166	141	130	-
32Х06Л	216	211	207	195	178	174	166	146	131	-
08ГДНФЛ	212	206	201	189	177	167	155	137	127	-
12ДН2ФЛ	211	206	196	189	181	174	155	135	127	-
20ХГСНДМЛ	209	201	193	184	176	169	153	133	128	-
20X13Л	222	216	211	203	195	184	167	149	140	-
12X18H9ТЛ	194	189	176	165	149	138	133	125	112	-
40X24H12СЛ	196	-	-	-	-	167	157	145	-	-

## Модуль упругости при сдвиге кручением G

Сталь	G, ГПа, при температуре испытания, °C									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
BCт5пс	81	80	77	74	71	67	62	-	-	-
BCт6пс	82	80	77	74	71	67	62	-	-	-
BCт5сп	82	80	77	74	71	67	62	-	-	-
BCт5сп	81	80	77	74	71	67	62	-	-	-
15К	78	77	76	73	69	66	59	-	-	-
15кп	83	80	77	74	71	68	63	-	-	-
15пс	83	80	77	74	71	68	63	-	-	-
25пс	81	80	76	73	70	66	61	-	-	-
10	78	77	76	73	69	66	59	-	-	-
15	83	78	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	-
70	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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	-	-	74	-	65	-	-	-	-
38ХА	83	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40Х	85	83	81	78	71	68	63	55	50	-
45Х	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50Х	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40ХФА	84	83	80	77	71	66	64	56	52	-
18ХГТ	84	80	77	75	68	66	59	52	49	-
25ХГСА	83	81	76	74	68	65	63	51	49	-
30ХГТ	83	79	76	74	67	66	61	53	51	-
30ХГС	84	82	79	75	71	66	62	54	47	-
30ХГСА	84	82	79	75	71	66	62	54	47	-
33ХС	84	80	76	73	69	65	61	53	49	-
38ХС	84	80	78	72	68	65	62	55	48	-
40ХС	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35ХМ	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38ХМА	84	80	78	73	69	-	62	55	48	-
25Х1МФ	82	80	77	75	71	65	63	-	-	-
25Х2М1Ф	82	79	72	74	71	66	57	-	-	-
38Х2МЮА	82	79	76	75	71	66	62	57	53	-
60Г	81	-	-	-	-	67	-	-	-	-
65Г	84	83	80	77	70	-	58	51	48	-
55С2	78	-	-	-	-	65	-	-	-	-
60С2	82	80	77	74	69	-	54	54	50	-
60С2А	82	80	77	74	69	68	54	54	50	-
70С3А	83	81	76	79	69	68	52	52	49	-
50ХФА	85	83	81	79	73	67	54	54	50	-
60С2ХА	78	-	-	-	-	70	-	-	-	-

Сталь	G, ГПа, при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
60С2ХФА	77	—	—	—	—	—	—	—	—	—
65С2ВА	82	80	78	74	70	67	58	51	49	—
60С2Н2А	78	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ШХ15	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ШХ15СГ	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12ХН2, 12ХН2А	95	80	76	71	69	67	60	55	50	—
20ХН3А	83	80	76	70	68	66	59	53	51	—
30ХН3А	84	81	76	72	67	65	—	—	—	—
30ХГСН2А	77	—	—	70	65	51	—	—	—	—
30ХН2МА	80	79	76	72	69	67	61	—	—	—
40ХН2МА	84	81	77	73	68	66	—	—	—	—
38ХН3МА	82	80	77	76	72	69	66	57	53	—
38Х2Н2МА	84	80	76	71	67	63	59	59	48	—
34ХН3М	79	79	—	—	69	59	—	—	—	—
30ХН2МФА	87	81	77	73	68	64	—	—	—	—
36Х2Н2МФА	84	80	78	74	68	65	61	53	48	—
38ХН3МФА	83	80	77	75	72	69	66	60	53	—
45ХН2МФА	87	82	78	73	69	65	59	52	48	—
У8, У8А	81	80	77	74	71	67	62	—	—	—
У9, У9А	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—
У12, У12А	82	80	78	75	72	69	63	—	—	—
9ХС	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Р6М5К5	83	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Р9	83	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Р9М4К8	87	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Р18	83	—	—	—	—	—	—	—	—	—
08Х13	85	80	80	77	73	68	62	—	—	—
12Х13	85	80	80	77	73	68	62	—	—	—
20Х13	86	84	80	78	73	69	63	—	—	—
30Х13	86	84	81	77	74	69	64	—	—	—
12Х17	93	89	85	82	78	75	69	61	—	—
15Х28	89	86	84	80	76	70	62	—	—	—
12Х18Н9Т	77	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12Х18Н10Т	77	74	71	67	63	59	57	54	49	—
12Х18Н12Т	77	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31Х19Н9МВБТ	78	—	—	68	65	62	58	54	—	—
ХН70ВМЮТ	83	82	79	77	74	71	69	66	65	—
20Л	78	76	73	71	67	63	58	50	45	—
35Л	82	80	78	75	68	63	58	50	45	—
50Л	85	83	81	76	69	65	59	52	46	—
35ХГСЛ	84	82	79	76	71	66	62	54	47	—
40ХЛ	85	84	81	78	71	68	63	54	50	—
35ХМЛ	83	81	79	77	74	69	63	53	49	—
32Х06Л	84	82	80	76	68	66	63	55	49	—
08ГДНФЛ	83	81	78	73	67	64	59	52	48	—
12ДН2ФЛ	82	80	76	74	70	67	59	51	48	—
20ХГСНДМЛ	82	78	76	71	67	64	58	50	48	—
20Х13Л	87	84	82	79	76	71	64	55	53	—
12Х18Н9ТЛ	76	73	68	63	59	52	50	47	42	—

**Плотность  $\rho_n$**

Сталь	$\rho_n$ , кг/см <sup>3</sup> , при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
15К	7850	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20К	7850	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16ГС	7850	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08кп	7871	7846	7814	7781	7745	7708	7668	7628	7598	7602
10кп	7856	7832	7800	7765	7730	7692	7653	7613	7582	7594
15кп	7850	7827	7794	7759	7724	7687	7648	7611	7599	7584
20кп	-	7834	7803	7770	7736	7699	7659	7617	7624	7600
08пс	-	7846	7814	7781	7745	7708	7668	7628	7598	7602
10пс	-	7832	7800	7765	7730	7692	7653	7613	7582	7594
15пс	7850	7827	7794	7759	7724	7687	7648	7611	7599	7584
20пс	-	7834	7803	7770	7736	7699	7659	7617	7624	7600
25пс	7850	7828	7798	7765	7725	7693	7653	7610	7600	7550
08	7871	7846	7814	7781	7745	7708	7668	7628	7598	7602
10	7856	7832	7800	7765	7730	7692	7653	7613	7582	7594
15	7850	7827	7794	7759	7724	7687	7648	7611	7599	7584
20	7859	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	7735	7698	7662	7625	7587	7595	-
50	7810	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	7280	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	7800	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65	7810	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	7810	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15Г	7810	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20Г	7820	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30Г	7810	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40Г	7810	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50Г	7810	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15ХФ	7760	7730	7710	7670	7640	7600	7570	7530	-	-
40ХФА	7810	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18ХГТ	7800	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20ХГСА	7760	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20ХГР	7800	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25ХГСА	7850	7830	7790	7760	7730	7690	7650	7610	-	-
30ХГС	7850	7830	7800	7760	7730	7700	7670	-	-	-
30ХГСА	7850	7830	7800	7760	7730	7700	7670	-	-	-
33ХС	7640	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38ХС	7640	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Сталь	$\rho_n$ , кг/см <sup>3</sup> , при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
40XC	7740	7720	7690	—	7620	—	7540	—	—	—
12MX	7850	7830	7800	7760	7730	7690	7650	7610	—	—
15XM	7850	7830	7800	7760	7730	7700	7660	—	—	—
30XM	7820	7800	7770	7740	7700	7660	—	—	—	—
30XMA	7820	7800	7770	7740	7700	7660	—	—	—	—
35XM	7820	7800	7770	—	7770	—	7630	—	—	—
12X1MФ	7800	7780	7750	7720	7680	7640	7600	7570	7540	7560
25X1MФ	7840	—	7790	—	7720	—	7650	—	—	—
25X2M1Ф	7800	7780	7750	7720	7680	7650	7600	—	—	—
38X2MЮА	7710	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20X3MВФ	7800	—	—	—	7690	7660	7620	—	—	—
15X5M	7750	7730	7700	7670	7640	7610	7580	—	—	—
60Г	7810	—	—	—	—	—	—	—	—	—
65Г	7850	7830	7800	—	7730	—	—	—	—	—
60C2	7680	7660	7630	7590	7570	7520	—	—	—	—
60C2A	7680	7660	7630	7590	7570	7520	—	—	—	—
50XФА	7800	7780	7750	7720	7680	7650	7610	—	—	—
65C2BA	7850	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A12	7830	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ЦХ15	7812	7790	7750	7720	7680	7640	—	—	—	—
ЦХ15CP	7650	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40XH	7820	7800	7770	7740	7700	—	—	—	—	—
45XH	7820	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50XH	7860	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12XH2, 12XH2A	7880	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12XH3A	7850	7830	7800	7760	7720	7680	7640	—	—	—
20XH3A	7850	7830	—	7760	—	—	7660	—	—	—
30XH3A	7850	7830	7800	7770	7730	7700	7670	7690	7650	7600
12X2H4A	7840	7820	—	7760	7710	—	7630	—	—	—
20X2H4A	7850	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40XH2MA	7850	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18X2H4MA	7950	7930	7900	7860	7830	7800	7760	—	—	—
34XH3M	7830	7810	7780	—	7710	—	7650	—	—	—
18X2H4BA	7950	7930	7900	7860	7830	7800	7760	—	—	—
38XH3MФА	7900	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9X2MФ	7840	—	—	—	—	—	—	—	—	—
75XM	7900	—	—	—	—	—	—	—	—	—
У7, У7А	7830	—	—	—	—	—	—	—	—	—
У8, У8А	7839	7817	7786	7752	7714	7676	7638	7600	7852	—
У9, У9А	7745	7726	7717	7690	7686	7655	7622	7586	7568	7523
У10, У10А	7810	—	—	—	—	—	—	—	—	—
У12, У12А	7830	7809	7781	7749	7713	7675	7634	7592	7565	7489
9XC	7830	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X12M	7700	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XВГ	7850	7830	—	7760	—	—	7660	—	—	—
3X3M3Ф	7828	7808	7783	7754	7721	7684	7642	7597	7565	7525
4X5MФ1C	7716	7692	7660	7627	7593	7559	7523	7490	7459	7438
4X5MФC	7750	7724	7697	7670	7641	7600	7573	7546	7520	7495
P6M5K5	8200	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P9	8300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P9M4K8	8300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P18	8800	—	—	—	—	—	—	—	—	—

## Продолжение

Сталь	$\rho_n$ , кг/см <sup>3</sup> , при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
40X9C2	7630	7610	7580	—	7510	—	7440	—	7390	—
40X10C2M	7620	7610	—	—	—	—	—	—	7430	—
08X13	7760	7740	7710	—	—	—	—	—	—	—
12X13	7720	7700	7670	7640	7620	7580	7550	7520	7490	7500
20X13	7670	7660	7630	7600	7570	7540	7510	7480	7450	—
30X13	7670	7650	7620	7600	7570	7540	7510	7480	7450	7460
40X13	7650	7630	7600	7570	7540	7510	7480	7450	7420	—
10X14AГ15	7900	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12X17	7720	—	—	—	—	—	—	—	—	—
08X17T	7700	—	—	—	—	—	—	—	—	—
95X18	7750	7730	—	—	—	—	—	—	7540	—
15X25T	7600	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15X28	7630	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25X13H2	7680	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10X14Г14H4T	7800	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14X17H2	7750	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12X18H9	7900	7860	7820	7780	7740	7690	7650	7600	7560	7510
17X18H9	7850	—	—	—	—	—	—	—	—	—
08X18H10	7850	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12X18H9T	7900	7860	7820	7780	7740	7690	7650	7600	7560	7510
12X18H10T	7900	—	—	—	—	—	—	—	—	—
08X18H10T	7900	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12X18H12T	7900	7870	7830	7780	7740	7700	7850	7610	—	—
20X20H14C2	7800	7760	—	—	—	—	7550	7510	7470	7420
08X22H6T	7700	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20X23H13	7820	7790	—	—	—	—	7580	—	7480	—
12X25H16Г7AP	7820	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20X23H18	7900	—	—	—	7760	7720	7670	7620	—	7540
10X23H18	7950	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20X25H20C2	7720	7680	—	—	—	—	—	—	7440	7390
15X12BHMФ	7850	7830	7800	7780	7760	7730	7700	7670	—	—
20X12BHMФ	7850	7830	7800	7780	7760	7730	7700	7670	—	—
37X12H8Г8MФБ	7850	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45X14H14B2M	8000	—	7930	—	7840	—	7760	—	7660	—
40X15H7Г7Ф2MC	7800	7770	7720	7680	7630	7580	7530	—	—	—
10X17H13M2T	7900	7870	7830	7790	7750	7700	7660	7620	—	—
31X19H9MBET	7960	—	—	—	—	—	—	—	—	—
06XH28MДT	7960	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XH35BT	8164	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XH35BTЮ	8040	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XH70Ю	7900	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XH70BMЮT	8600	8570	8540	8510	8470	8430	8390	8340	8290	8240
XH77TЮP	8200	8180	8140	8110	8070	8040	8000	7960	7920	7870
XH78T	8400	8380	8340	8310	8260	8220	8180	8130	8090	8040
XH80TБЮ	8300	—	—	8210	8170	8130	8090	8040	7990	—
X15H60-H	8200	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X20H80	8400	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X27Ю5T	7190	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15Л	7820	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20Л	7850	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25Л	7830	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30Л	7810	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35Л	7830	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение

Сталь	$\rho_n$ , кг/см <sup>3</sup> , при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
40Л	7810	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45Л	7800	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50Л	7820	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55Л	7820	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35ХГСЛ	7800	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40ХЛ	7830	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20ХМЛ	7800	7780	7750	7720	7690	7650	7620	-	-	-
35ХМЛ	7840	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32Х06Л	7850	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08ГДНФЛ	7850	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12ДН2ФЛ	7860	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20ХГСНДМЛ	7830	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20Х13Л	7740	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40Х24Н12СЛ	7800	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08Х18Г8Н2Т	7700	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Коэффициент теплопроводности  $\lambda$

Сталь	$\lambda$ , Вт/(м · К), при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
ВСт3сп	-	55	54	50	45	39	34	30	-	-
15К	-	57	53	-	45	-	38	-	-	-
20К	-	51	49	46	42	39	36	-	-	-
22К	50	48	46	44	-	-	-	-	-	-
14Г2АФ	-	46	44	42	40	36	33	29	-	-
10ХСНД	-	40	39	38	36	34	31	29	-	-
08кп	63	60	56	51	47	41	37	34	30	27
10кп	-	58	54	49	45	40	36	32	29	27
15кп	-	53	53	49	46	43	39	36	32	30
20кп	-	51	49	44	43	39	36	32	26	26
08пс	-	60	56	51	47	41	37	34	30	27
10пс	-	58	54	49	45	40	36	32	29	27
15пс	-	53	53	49	46	43	39	36	32	30
20пс	-	51	49	44	43	39	36	32	26	26
25пс	52	51	49	46	43	-	-	-	-	-
08	-	60	56	51	47	41	37	34	30	27
10	-	58	54	49	45	40	36	32	29	27
15	53	53	53	49	46	43	39	36	32	30
20	-	51	49	44	43	39	36	32	26	26
25	-	51	49	46	43	40	36	32	26	27
30	52	51	49	46	43	39	36	32	-	-
35	-	49	49	47	44	41	38	35	29	28
40	-	51	48	46	42	38	34	30	25	26
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	-	68	53	-	36	-	-	-	-	-
65	-	68	53	-	36	31	-	-	-	-
70	-	68	52	37	29	-	-	-	-	-
20Г	-	78	67	48	-	-	-	-	-	-
30Р	-	76	65	53	44	38	-	-	-	-
40Р	-	60	53	-	47	24	-	-	-	-

Сталь	$\lambda$ , Вт/(м · К), при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
50Г	43	42	41	38	36	34	31	29	28	—
10Г2	—	—	38	37	36	—	—	—	—	—
35Г2	—	40	38	37	36	35	—	—	—	—
45Г2	—	—	45	43	41	35	—	—	—	—
50Г2	—	41	40	38	36	35	—	—	—	—
15Х	44	44	43	41	39	36	33	32	32	—
20Х	42	42	41	40	38	36	33	32	31	—
30Х	—	47	44	42	39	36	32	29	26	27
35Х	—	47	43	40	36	—	—	—	—	—
38ХА	—	50	46	42	40	37	35	31	—	—
40Х	41	40	38	36	34	33	31	30	27	—
15ХФ	—	43	42	42	40	36	34	30	—	—
40ХФА	37	37	37	36	33	31	31	30	28	—
18ХГТ	37	38	38	37	35	34	31	30	29	—
25ХГСА	35	36	37	37	39	34	32	31	29	—
30ХГТ	36	37	36	34	33	31	29	28	28	—
30ХГС	—	37	41	38	37	36	35	34	32	—
30ХГСА	38	38	37	37	36	34	33	31	30	—
33ХС	40	38	37	37	35	33	31	29	27	—
38ХС	38	38	37	35	34	33	31	29	28	—
40ХС	—	—	36	—	35	—	34	—	—	—
12МХ	—	50	50	50	49	47	46	44	—	—
15ХМ	—	44	41	41	39	36	34	—	29	29
30ХМ	—	46	44	42	42	39	37	36	32	—
30ХМА	—	46	44	42	42	39	37	36	32	—
35ХМ	—	41	40	39	37	—	—	—	—	—
38ХМА	33	35	38	39	36	34	33	31	27	—
12Х1МФ	—	44	44	42	40	37	35	32	28	28
25Х1МФ	—	40	39	38	37	36	35	—	—	—
25Х2М1Ф	—	33	32	30	29	28	—	—	—	—
38Х2МЮА	33	33	32	31	20	20	28	27	27	—
20Х3МВФ	—	36	33	32	31	30	29	29	—	—
15Х5М	—	37	36	35	34	33	—	—	—	—
65Г	37	36	35	34	32	31	30	29	28	—
60С2	28	29	29	30	30	30	29	29	28	—
60С2А	28	29	29	30	30	30	29	29	28	—
70С3А	25	26	27	28	29	29	29	28	27	—
50ХФА	40	39	38	37	36	33	31	29	28	—
65С2ВА	27	27	28	29	29	29	29	28	28	—
А12	—	78	67	—	—	—	—	—	—	—
ШХ15	—	—	40	—	37	32	—	—	—	—
40ХН	—	44	43	41	39	37	—	—	—	—
45ХН	—	45	43	41	40	—	—	—	—	—
50ХН	—	43	40	39	38	37	36	32	23	24
12ХН2, 12ХН2А	38	38	37	35	33	31	30	29	29	—
12ХН3А	—	31	—	—	26	—	—	—	—	—
20ХН3А	36	35	34	33	33	31	31	30	28	—
30ХН3А	34	35	36	36	36	35	31	28	27	—
12Х2Н4А	—	25	—	—	19	—	—	—	—	—
20ХН4ФА	—	38	38	37	35	34	31	29	28	27
20Х2Н4А	—	24	—	—	18	—	—	—	—	—



## Продолжение

Сталь	$\lambda$ , Вт/(м · К), при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
40ХН2МА	39	38	37	37	35	33	31	29	27	-
38ХН3МА	36	36	36	35	34	33	31	30	29	-
38Х2Н2МА	38	37	35	35	33	32	30	28	28	-
18Х2Н4МА	-	36	38	35	35	34	33	32	30	-
34ХН3М	-	36	37	37	37	35	31	28	-	27
18Х2Н4ВА	-	36	36	35	35	34	33	32	30	-
30ХН2МФА	36	35	35	34	32	31	29	28	27	-
36Х2Н2МФА	36	36	35	35	34	33	31	30	29	-
38ХН3МФА	34	34	34	33	32	32	30	29	28	-
45ХН2МФА	34	34	33	32	31	30	29	27	26	-
9Х2МФ	-	37	34	32	32	32	30	23	20	14
75ХМ	-	45	41	40	39	38	37	35	24	31
У7, У7А	46	46	-	41	-	-	33	-	-	29
У8, У8А	-	49	46	42	38	35	33	30	24	25
У9, У9А	-	49	48	46	43	40	37	33	-	-
У10, У10А	40	44	-	41	-	-	38	-	-	34
У12, У12А	-	45	43	40	37	35	32	28	24	25
90ХФ	-	44	42	38	36	33	31	29	27	27
5ХНМ	-	38	40	42	42	44	46	-	-	-
3Х2В8Ф	-	25	27	29	40	46	50	-	-	-
3Х3М3Ф	32	34	36	36	36	36	34	34	33	34
4Х5МФ1С	22	25	27	29	30	31	31	31	31	32
4Х5МФС	29	30	30	31	33	31	30	28	28	27
Р6М5К5	-	27	28	29	30	32	36	34	-	29
Р9	-	23	25	26	28	30	31	-	-	-
Р9М4К8	-	25	27	28	29	30	31	32	-	32
Р18	-	26	27	28	29	28	27	27	-	-
40Х9С2	-	17	-	20	-	-	22	-	22	-
40Х10С2М	17	18	20	22	22	24	25	26	-	-
08Х13	-	28	28	28	28	27	26	26	25	27
12Х13	-	28	28	28	28	27	26	26	25	27
20Х13	-	26	26	26	26	27	26	26	27	28
30Х13	-	26	27	28	28	27	27	27	25	27
40Х13	25	26	27	28	29	29	29	28	28	29
12Х17	-	24	24	25	26	26	-	-	-	-
08Х17Т	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
95Х18	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15Х25Т	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15Х28	-	21	22	23	23	24	25	-	-	-
25Х13Н2	18	19	20	22	24	-	-	-	-	-
10Х14Г14Н4Т	15	17	18	21	24	30	36	43	51	-
14Х17Н2	21	22	23	24	24	25	26	27	28	30
12Х18Н9	-	16	18	19	20	22	23	25	26	-
17Х18Н9	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28
08Х18Н10	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12Х18Н9Т	-	16	18	20	21	23	25	26	28	29
12Х18Н10Т	15	16	18	19	21	23	25	27	26	-
08Х18Н10Т	-	16	18	19	-	-	-	-	-	-
12Х18Н12Т	15	16	18	19	21	23	25	27	26	-
20Х20Н14С2	-	15	17	18	19	21	23	24	26	28
08Х22Н6Т	-	15	16	18	20	21	23	24	27	30
20Х23Н13	-	-	17	19	21	23	24	27	29	31
12Х25Н16Г7АР	14	15	16	18	19	21	22	24	26	28
20Х23Н18	14	16	-	19	-	22	-	-	-	1

Сталь	$\lambda$ , Вт/(м · К), при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
20Х25Н20С2	–	15	–	–	–	22	24	25	27	29
15Х12ВНМФ	–	25	25	26	26	27	27	–	–	–
20Х12ВНМФ	–	25	25	26	26	27	27	–	–	–
37Х12Н8Г8МФБ	–	17	18	20	21	23	25	26	27	29
45Х14Н14В2М	14	16	17	19	20	21	22	24	–	–
40Х15Н7Г7Ф2МС	–	14	16	18	20	22	24	26	–	–
31Х19Н9МВБТ	–	15	16	18	20	22	24	25	–	–
06ХН28МДТ	13	13	15	17	–	22	24	25	26	–
ХН35ВТ	–	13	16	17	19	21	22	24	26	–
ХН35ВТЮ	13	16	18	19	21	23	25	26	28	29
ХН70Ю	12	13	14	16	17	19	21	23	25	–
ХН70ВМЮТ	–	12	13	17	19	29	30	30	–	–
ХН70ВМТЮФ	9	11	13	15	17	19	21	23	26	28
ХН77ТЮР	13	14	16	17	19	21	24	25	28	31
ХН78Т	14	15	17	19	20	21	23	24	25	–
ХН80ТБЮ	–	13	16	18	20	22	24	26	29	–
Х20Н80-Н	–	14	16	17	19	–	23	–	–	–
15Л	–	78	67	–	48	41	–	–	–	–
20Л	54	53	51	48	43	39	35	32	27	27
25Л	51	76	65	44	38	–	–	–	–	–
30Л	–	76	65	–	44	38	–	–	–	–
35Л	53	51	49	45	42	39	35	31	27	27
40Л	–	60	53	–	47	41	–	–	–	–
45Л	–	68	55	–	36	32	–	–	–	–
50Л	48	48	46	44	41	38	34	30	25	26
55Л	–	68	55	–	36	32	–	–	–	–
35ХГСЛ	36	37	38	38	37	35	33	32	30	29
40ХЛ	48	46	45	42	39	35	32	28	27	27
35ХМЛ	47	44	42	40	37	34	31	28	27	27
32Х06Л	50	49	46	42	39	36	32	29	26	27
08ГДНФЛ	39	39	39	39	37	35	32	30	28	27
12ДН2ФЛ	37	38	38	38	37	34	32	29	27	27
20ХГСНДМЛ	25	27	28	30	32	33	33	31	28	28
20Х13Л	21	23	24	25	26	27	27	27	28	28
12Х18Н9ТЛ	15	16	18	19	21	22	24	25	26	27
08Х18Г8Н2Т	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Удельное электросопротивление  $\rho$ 

Сталь	$\rho$ , нОм · м, при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
08кп	147	178	252	341	448	575	725	898	1073	1124
10кп	–	190	263	352	458	584	734	905	1081	1130
15кп	–	233	296	387	487	607	753	904	1092	1140
20кп	–	219	292	381	487	601	758	925	1094	1135
08пс	–	178	252	341	448	575	725	898	1073	1124
10пс	–	190	263	352	458	584	734	905	1081	1130
15пс	–	233	296	387	487	607	753	904	1092	1140
20пс	–	219	292	381	487	601	758	925	1094	1135

Сталь	ρ, НОМ · м, при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
08	—	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	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30X	210	259	330	417	517	636	778	934	1106	1145
40X	278	324	405	555	717	880	1100	1330	—	—
15XΦ	—	281	345	421	513	606	731	833	—	—
25XГСА	306	338	415	501	573	660	830	1000	1100	—
30XГС	210	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30XГСА	210	—	—	—	—	—	—	—	—	—
38XC	284	329	413	563	725	902	1060	1280	—	—
12MX	—	240	330	410	540	640	740	900	—	—
30XM	230	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30XMA	230	—	—	—	—	—	—	—	—	—
38XMA	257	280	310	380	470	580	720	870	1060	—
12X1MΦ	230	278	343	430	532	647	775	926	1087	1130
25X1MΦ	—	312	396	475	574	680	826	—	—	—
25X2M1Φ	270	360	420	500	590	710	840	970	—	—
20X3MBΦ	—	398	465	544	640	743	859	982	—	—
15X5M	430	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50XΦA	320	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ЦX15	—	390	470	520	—	—	—	—	—	—
12XH2, 12XH2A	330	360	430	520	590	670	—	—	1050	1120
20XH3A	270	300	350	450	550	650	—	—	—	—
30XH3A	268	317	387	469	567	681	817	981	—	—
20XH4ΦA	360	410	480	560	640	720	—	1020	1120	1180
40XH2MA	331	—	—	—	—	—	—	—	—	—
38XH3MA	292	317	358	425	506	602	742	890	1100	—
38X2H2MA	322	398	482	592	740	910	1090	1300	—	—
30XH2MΦA	333	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36X2H2MΦA	278	335	432	517	613	720	825	940	—	—
38XH3MΦA	300	321	365	437	516	613	750	897	1080	—
45XH2MΦA	300	363	460	557	677	822	993	1160	—	—
У7, У7А	130	—	—	—	—	—	—	—	—	—
У8, У8А	—	230	305	395	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
9XC	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X12Φ1	640	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X12M	580	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5XHM	—	300	250	200	160	—	—	—	—	—
XBG	380	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5XB2C	300	—	420	—	—	690	—	—	1080	1150
3X2B8Φ	—	250	200	170	140	120	—	—	—	—
3X3M3Φ	314	365	430	515	600	710	835	965	1118	1151
4X5MΦ1C	553	591	649	715	793	879	970	1077	1189	1229
4X5MΦC	480	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P6M5K5	458	—	—	—	—	—	—	—	—	—

## Продолжение

Сталь	ρ, нОм · м, при температуре испытаний, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
P9	380	417	505	600	695	790	900	1020	1160	1170
P18	419	472	544	627	718	815	922	1037	1152	1173
40X10C2M	—	906	958	1010	1062	1114	1166	1216	—	—
08X13	506	584	679	769	854	938	1021	1103	—	—
12X13	506	584	679	769	854	938	1021	1103	—	—
20X13	588	653	730	800	884	952	1022	1102	—	—
30X13	522	595	684	769	858	935	1015	1099	—	—
40X13	—	786	830	890	950	998	1046	1122	—	—
12X17	560	610	680	770	850	950	1030	1110	1150	1160
08X17T	600	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15X25T	710	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15X28	700	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14X17H2	720	780	840	890	990	1040	1110	1130	1160	1170
12X18H9	—	743	819	891	951	1001	1048	1098	1140	—
17X18H9	720	735	855	925	975	1031	1080	1115	1150	1185
08X18H10	800	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12X18H9T	725	792	861	920	976	1028	1075	1117	1149	1176
12X18H10T	725	792	861	920	976	1028	1075	1115	—	—
12X18H12T	725	792	861	920	976	1028	1075	1117	—	—
20X20H14C2	946	1000	1051	1095	1130	1100	1194	1218	1242	1242
08X22H6T	740	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12X25H16Г7AP	1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20X23H18	1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
37X12H8Г8MФБ	740	850	900	950	1010	1100	1150	1200	—	—
45X14H14B2M	815	875	945	1000	1055	1098	1142	1172	—	—
31X19H9MBET	—	850	900	980	1020	1080	1100	1150	—	—
06XH28MДТ	750	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XH35BT	—	1020	1050	1100	1120	1150	1160	1170	—	—
XH35BTЮ	992	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XH70BMЮТ	1330	1340	1350	1360	1360	1370	1470	1480	—	—
XH77ТЮР	—	1247	1262	1282	1300	1308	1288	1272	1253	1232
XH78T	1090	1099	1108	1117	1127	1153	1135	1126	1123	—
XH80ТБЮ	—	1170	1180	1190	1200	1220	1230	1240	—	—
X15H60—H	1150	1170	1185	1210	1230	1240	1250	1250	1255	1270
X20H80	1175	1180	1190	1200	1215	1220	1200	1195	1195	1200
X27Ю5T	1360	1365	1370	1375	1380	1400	1400	1410	1410	1420
20Л	170	220	294	385	490	604	761	932	1101	1139
35Л	172	223	301	394	497	623	771	935	1115	1154
50Л	191	240	321	407	509	631	779	941	1139	1170
35XГСЛ	311	343	419	504	579	663	824	981	1133	1187
40 ХЛ	233	270	335	435	540	665	815	975	1115	1195
35XМЛ	242	273	337	438	549	674	830	983	1120	1201
32X06Л	235	269	333	425	527	658	797	952	1109	1158
08ГДНФЛ	223	275	367	487	607	753	870	1065	1125	1150
12ДН2ФЛ	210	268	339	426	545	641	787	939	1109	1158
20XГСНДМЛ	433	467	531	605	705	835	967	1127	1175	1205
20X13Л	645	695	775	859	931	985	1055	1115	1125	1160
12X18H9ТЛ	750	813	879	943	1006	1031	1082	1123	1152	1184
40X24H12CЛ	860	—	—	—	—	—	—	—	—	—
08X18Г18H2T	710	—	—	—	—	—	—	—	—	—
38XA	290	—	—	—	—	—	—	—	—	—

### Коэффициент линейного расширения $\alpha$

Сталь	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ , при температуре испытания, °C									
	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600	20-700	20-800	20-900	20-1000
08кп	12,5	13,4	14,0	14,5	14,9	15,1	15,3	14,7	12,7	13,8
10кп	12,4	13,2	13,9	14,5	14,9	15,1	15,3	12,1	14,8	12,6
15кп	12,4	13,2	13,9	14,4	14,8	15,1	15,3	14,1	13,2	13,3
20кп	12,3	13,1	13,8	14,3	14,8	15,1	15,2	—	—	—
08пс	12,5	13,4	14,0	14,5	14,9	15,1	15,3	—	—	—
10пс	12,4	13,2	13,9	14,5	14,9	15,1	15,3	—	—	—
15пс	12,4	13,2	13,9	14,4	14,8	15,1	15,3	—	—	—
20пс	12,3	13,1	13,8	14,3	14,8	15,1	15,2	—	—	—
25пс	12,2	13,0	13,7	14,3	14,7	15,0	15,2	12,7	12,4	13,4
08	12,5	13,4	14,0	14,5	14,9	15,1	15,3	14,7	12,7	13,8
10	12,4	13,2	13,9	14,5	14,9	15,1	15,3	12,1	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
20	12,3	13,1	13,8	14,3	14,8	15,1	15,2	—	—	—
25	12,2	13,0	13,7	14,3	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	12,0	12,9	13,6	14,2	14,6	15,0	15,2	12,7	13,9	—
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	14,1	14,6	14,9	15,2	—	—	—
50	11,2	12,0	12,8	13,4	13,9	14,2	14,5	13,4	—	—
55	11,0	11,9	12,7	13,4	14,0	14,5	14,8	12,5	13,5	14,4
60	11,0	11,9	—	13,9	14,6	—	—	—	—	—
65	11,0	11,6	12,3	13,2	13,8	14,2	14,6	14,7	13,9	14,8
70	11,5	12,3	13,0	13,8	—	—	—	—	—	—
15Г	12,3	—	13,2	—	—	14,9	—	—	—	—
20Г	12,5	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	—	—
10Г2	11,3	—	—	14,7	—	—	—	—	—	—
45Г2	11,3	11,9	12,7	—	14,7	—	—	—	—	—
50Г2	11,3	12,2	12,3	—	—	14,7	—	—	—	—
15Х	10,2	11,5	12,4	13,0	13,5	14,0	—	—	—	—
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	—	—	—	—
88ХА	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	13,8	—	—	—	—	—	—	—
15ХФ	11,9	12,4	13,1	13,7	14,2	14,5	14,9	—	—	—
40ХФА	12,1	12,6	13,0	13,3	13,8	14,2	14,6	11,8	—	—
18ХГТ	10,0	11,5	12,3	12,8	13,3	13,6	—	—	—	—
20ХГР	11,7	—	—	14,6	—	—	—	—	—	—
25ХГСА	12,2	13,0	13,6	14,0	14,2	14,4	14,5	12,3	—	—
30ХГТ	10,5	12,0	12,7	13,3	13,8	14,0	—	—	—	—
30ХГС	12,0	12,5	12,9	13,2	13,6	13,9	—	—	—	—
30ХГСА	11,7	12,3	12,9	13,4	13,7	14,0	14,3	12,9	—	—
33ХС	12,0	12,8	13,4	13,7	14,3	14,7	15,0	12,4	—	—
38ХС	12,3	13,1	13,6	13,8	14,2	14,5	14,7	12,5	—	—
40ХС	11,7	12,7	13,4	14,0	14,4	14,8	—	—	—	—
12МХ	11,2	12,5	12,7	12,9	13,2	13,5	13,8	—	—	—
15ХМ	12,2	13,0	13,3	13,7	14,0	14,3	14,5	13,4	11,2	12,5
30ХМ	11,5	12,5	13,2	13,8	14,3	—	—	—	—	—
30ХМА	11,6	12,5	13,2	13,8	14,3	—	—	—	—	—
35ХМ	12,3	12,6	13,3	13,9	14,3	14,6	—	—	—	—

## Продолжение

Сталь	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ , при температуре испытания, °C									
	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600	20-700	20-800	20-900	20-1000
38ХМА	12,4	13,1	13,7	14,2	14,5	14,6	14,7	11,2	—	—
12Х1МФ	12,4	13,0	13,6	14,0	14,4	14,7	14,9	14,8	12,0	—
25Х1МФ	11,3	11,7	12,8	13,9	14,2	14,4	—	—	—	—
25Х2М1Ф	12,5	12,9	13,3	13,7	14,0	14,7	—	—	—	—
38Х2МЮА	11,5	11,8	12,7	13,4	13,9	14,7	14,9	12,3	—	—
20Х3МВФ	10,6	11,5	11,5	12,1	12,6	13,0	—	—	—	—
15Х5М	11,3	11,6	11,9	12,2	12,3	12,5	—	—	—	—
60Г	11,6	11,9	12,9	13,8	—	14,6	—	—	—	—
65Г	11,8	12,6	13,2	13,6	14,1	14,6	14,5	11,8	—	—
60С2	11,8	12,7	13,3	13,7	14,1	14,5	14,4	12,2	—	—
60С2А	11,8	12,7	13,3	13,7	14,1	14,5	14,4	12,2	—	—
70С3А	11,4	12,3	12,8	13,3	13,7	14,1	14,3	12,8	—	—
50ХФА	11,7	12,2	12,9	13,5	14,0	14,4	14,6	13,1	—	—
65С2ВА	11,5	12,5	13,0	13,5	13,8	14,3	14,5	13,5	—	—
А12	11,9	12,5	—	13,6	14,2	—	—	—	—	—
ШХ15	11,9	15,1	15,5	15,6	15,7	—	—	—	—	—
ШХ15СГ	—	13,4	13,6	—	—	—	—	—	—	—
40ХН	11,8	12,3	13,4	14,0	—	—	—	—	—	—
45ХН	11,8	12,3	—	13,4	—	14,0	—	—	—	—
50ХН	11,8	—	12,3	13,4	14,0	—	—	—	—	—
12ХН2, 12ХН2А	10,5	11,5	11,9	12,4	12,9	13,6	13,9	11,7	—	—
12ХН3А	11,8	13,0	14,0	14,7	15,3	15,6	—	—	—	—
20ХН3А	11,5	11,7	12,0	12,6	12,8	13,2	13,6	11,2	—	—
30ХН3А	10,8	11,5	12,2	12,8	13,2	13,5	—	—	—	—
12Х2Н4А	11,0	12,0	13,0	14,7	15,3	15,6	—	—	—	—
20ХН4ФА	11,7	12,7	13,7	—	—	15,4	—	—	—	—
40ХН2МА	11,6	12,1	12,7	13,2	13,6	13,9	—	—	—	—
38ХН3МА	11,8	12,3	12,7	13,1	13,4	13,7	13,9	10,8	—	—
38Х2Н2МА	11,9	12,5	13,1	13,3	13,8	14,1	14,6	11,8	—	—
18Х2Н4МА	11,7	12,2	12,7	13,1	13,5	13,9	—	—	—	—
34ХН3М	10,8	11,6	12,5	13,3	13,5	13,7	—	—	—	—
18Х2Н4ВА	11,7	12,2	12,7	13,1	13,5	13,9	—	—	—	—
30ХН2МФА	11,1	11,7	12,3	12,9	13,3	13,7	—	—	—	—
36Х2Н2МФА	12,5	12,8	13,3	13,5	14,0	14,3	14,5	11,0	—	—
38ХН3МФА	12,0	12,5	12,9	13,3	13,6	13,8	13,8	10,7	—	—
45ХН2МФА	11,0	11,6	12,1	12,7	13,3	13,7	13,9	11,9	—	—
У8, У8А	11,4	12,2	13,0	13,7	14,3	14,8	15,2	14,5	15,2	15,7
У9, У9А	11,3	12,1	12,9	13,6	14,2	14,7	15,2	14,0	—	—
У10, У10А	11,5	11,9	12,5	13,0	13,4	13,9	14,3	13,9	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
Х12М	10,9	—	—	11,4	—	12,2	—	—	—	—
5ХНМ	—	12,6	—	—	—	14,2	—	—	—	—
ХВГ	11,0	12,0	13,0	13,5	14,0	14,5	—	—	—	—
40Х9С2	11,1	12,7	—	14,3	—	14,2	—	14,0	—	—
40Х10С2М	10,0	11,0	11,0	11,0	—	—	—	11,0	—	—
08Х13	10,6	11,1	11,4	11,8	12,1	12,3	12,5	12,8	—	—
12Х13	10,2	11,2	11,4	11,8	12,2	12,4	12,7	13,0	10,8	11,7
20Х13	10,2	11,2	11,5	11,9	12,2	12,8	12,8	13,0	—	—
30Х13	10,2	10,9	11,1	11,7	12,0	12,3	12,5	12,6	10,6	12,2
40Х13	10,7	11,5	11,9	12,2	12,5	12,8	13,0	13,2	—	—
10Х14АГ15	13,9	—	—	19,4	—	21,8	—	22,5	—	—
12Х17	10,4	10,5	10,8	11,2	11,4	11,6	11,9	12,1	—	—
08Х17Т	10,0	10,0	10,5	10,5	11,0	—	—	—	—	—
95Х18	11,8	12,3	12,7	13,1	13,4	—	—	—	—	—
15Х25Т	10,1	10,7	11,0	11,2	11,3	—	—	—	—	—

Сталь	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ , при температуре испытания, °С									
	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600	20-700	20-800	20-900	20-1000
15Х28	10,0	10,5	10,5	11,0	11,0	—	—	—	—	—
25Х13Н2	11,6	12,0	12,4	12,8	—	—	—	—	—	—
10Х14Г14Н4Т	16,0	16,7	17,5	18,4	19,0	19,5	20,1	20,6	21,0	—
14Х17Н2	9,8	10,6	11,8	11,0	11,1	11,3	11,0	10,7	11,4	11,5
12Х18Н9	16,5	17,2	17,7	18,1	18,3	18,6	18,9	19,3	19,7	20,2
17Х18Н9	16,0	17,0	17,5	17,9	18,5	18,6	18,9	19,1	19,3	19,5
08Х18Н10	16,0	17,0	17,0	18,0	18,0	—	—	—	—	—
12Х18Н9Т	16,6	17,0	17,6	18,0	18,3	18,6	18,9	19,3	19,5	20,1
12Х18Н10Т	16,6	17,0	17,2	17,5	17,9	18,2	18,6	18,9	19,3	—
08Х18Н10Т	16,1	—	17,4	—	18,2	—	19,1	—	—	—
12Х18Н12Т	16,6	17,0	17,2	17,5	17,9	18,2	18,6	18,9	19,3	—
20Х20Н14С2	16,0	—	—	—	—	18,1	18,3	18,6	18,8	19,0
08Х22Н6Т	9,6	13,8	16,0	16,0	16,4	16,2	16,5	16,7	17,1	—
20Х23Н13	14,9	15,7	16,6	17,1	17,5	17,8	18,2	—	—	—
12Х25Н16Г7АР	16,6	16,2	16,8	17,4	18,0	18,3	18,5	18,7	18,9	—
20Х23Н18	14,9	15,7	16,6	17,3	17,5	17,9	17,9	—	—	—
20Х25Н20С2	16,1	—	—	—	—	17,8	17,8	18,1	18,5	18,8
15Х12ВНМФ	10,5	10,8	11,1	11,4	11,6	11,8	11,9	12,0	10,7	11,6
20Х12ВНМФ	10,6	10,9	11,2	11,4	11,7	11,9	12,0	12,1	10,7	11,7
37Х12Н8Г8МФБ	15,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45Х14Н14В2М	10,0	17,0	—	18,0	—	18,0	—	19,0	—	—
40Х15Н7Г7Ф2МС	17,0	17,7	18,4	19,1	20,5	20,8	—	—	—	—
10Х17Н13М2Т	15,7	16,1	16,7	17,2	17,6	17,9	18,2	—	—	—
31Х19Н9МВБТ	16,6	16,9	17,2	17,5	17,8	18,2	18,5	18,9	19,3	19,7
06ХН28МДТ	10,9	12,9	13,6	14,4	14,9	15,3	16,8	16,3	16,8	—
ХН35ВТ	14,8	15,1	15,5	15,9	16,1	16,6	16,9	—	—	—
ХН35ВТЮ	12,7	14,1	15,0	15,4	15,8	16,0	16,6	16,8	18,4	—
ХН70ВМЮТ	12,2	12,6	13,2	13,6	14,1	14,5	15,1	15,8	16,5	—
ХН70ВМТЮФ	10,3	11,8	12,5	13,0	13,5	13,7	14,0	14,5	15,0	—
ХН77ТЮР	11,9	12,7	13,0	13,5	13,7	14,0	14,5	15,1	15,8	—
ХН78Т	11,8	12,8	12,8	14,4	14,8	15,8	16,1	16,5	—	—
ХН80ТБЮ	13,3	13,5	13,8	14,2	14,5	14,9	15,5	16,2	16,7	17,2
Х27Ю5Т	15,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15Л	11,9	12,5	—	13,6	14,2	—	—	—	—	—
20Л	12,2	12,7	13,1	13,5	13,9	14,4	14,9	12,6	12,4	—
25Л	11,5	12,9	13,0	13,2	13,5	—	—	—	—	—
30Л	12,6	13,9	—	15,0	15,6	—	—	—	—	—
35Л	11,1	12,0	12,9	13,5	13,9	14,5	14,8	11,9	12,5	—
40Л	12,4	12,6	—	14,5	—	14,6	—	—	—	—
45Л	11,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50Л	12,0	12,4	12,8	13,3	13,7	14,1	14,5	12,4	13,3	—
55Л	11,0	11,8	—	13,4	—	14,5	—	—	—	—
35ХГСЛ	11,8	12,3	12,8	13,3	13,8	14,1	14,4	12,6	13,3	—
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	—	—	—	—
35ХМЛ	12,2	12,6	13,4	14,3	14,5	14,6	14,7	12,2	12,7	—
32Х06Л	12,4	12,8	13,2	13,6	14,0	14,4	14,7	12,0	12,7	—
08ГДНФЛ	10,3	11,3	12,0	13,0	13,6	14,1	14,4	12,5	13,0	—
12ДН2ФЛ	11,5	12,3	12,9	13,1	13,7	14,2	14,1	10,8	12,6	—
20ХГСНДМЛ	11,0	11,8	12,5	12,9	13,3	13,5	13,6	11,0	12,1	—
20Х13Л	10,0	10,8	11,3	11,7	12,1	12,4	12,6	12,8	10,8	—
12Х18Н9ТЛ	16,8	17,0	17,4	17,7	18,1	18,5	18,9	19,1	19,1	—
40Х24Н12СЛ	18,4	—	—	—	—	—	—	—	—	20,6
08Х18Г18Н2Т	12,3	13,1	14,4	14,4	15,3	16,6	16,0	16,4	17,2	—

Продолжение

Сталь	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ , при температуре испытания, °C									
	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600	20-700	20-800	20-900	20-1000
15К	—	11,9	12,8	13,2	13,6	13,9	—	—	—	—
20К	—	11,9	12,8	13,2	13,6	13,9	—	—	—	—
22К	11,0	12,6	13,4	13,6	—	—	—	—	—	—
16ГС	11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1	—	—	—	—
09Г2С	11,4	12,2	12,6	13,2	13,8	—	—	—	—	—
20ХГ2Ц	12,3	12,3	12,5	13,1	13,5	13,9	14,2	—	—	—

Удельная теплоемкость с

Сталь	с, Дж/(кг · К), при температуре испытания, °C									
	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600	20-700	20-800	20-900	20-1000
08кп	482	498	514	533	555	584	626	695	703	695
10кп	466	479	—	512	—	567	—	—	—	—
15кп	465	486	515	532	565	586	620	691	708	—
20кп	486	498	514	533	555	584	636	703	703	695
08пс	482	498	514	533	555	584	626	695	703	695
15пс	465	486	515	532	565	586	620	691	708	—
20пс	486	498	514	533	555	584	636	703	703	695
25пс	470	483	—	521	571	—	—	—	—	—
08	482	498	514	533	555	584	626	695	703	695
10	466	479	—	512	—	567	—	—	—	—
15	465	486	515	532	565	586	620	691	708	—
20	486	498	514	533	555	584	636	703	703	695
25	470	483	—	521	571	—	—	—	—	—
30	470	483	546	563	764	—	—	—	—	—
35	469	490	511	532	553	578	611	708	699	—
40	486	497	512	529	550	574	628	674	657	653
45	473	494	515	536	583	578	611	720	708	—
50	487	500	517	533	559	584	—	—	—	—
55	479	487	—	525	571	—	—	—	—	—
60	483	487	—	529	—	567	—	—	—	—
65	483	—	—	525	—	—	—	—	—	—
70	483	487	—	521	—	567	—	—	—	—
15Г	—	496	—	538	—	592	—	—	—	—
20Г	—	525	—	554	—	689	—	—	—	—
30Г	470	483	546	601	764	—	—	—	—	—
40Г	487	483	—	491	—	575	—	—	—	—
50Г	487	500	517	533	559	584	609	676	—	—
45Г2	—	445	428	—	—	—	—	—	—	—
15Х	496	508	525	538	567	588	626	706	—	—
20Х	496	508	525	537	567	588	626	706	—	—
30Х	482	496	513	532	655	583	620	703	687	678
40Х	466	508	529	563	592	622	634	664	—	—
40ХФА	466	508	529	563	592	621	634	664	—	—
18ХГТ	495	508	525	537	567	588	626	705	—	—
25ХГСА	496	504	512	533	554	584	622	693	—	—
30ХГТ	495	508	525	537	567	588	626	705	—	—
30ХГС	493	504	512	533	554	584	622	693	—	—
30ХГСА	496	504	512	533	554	584	622	693	—	—
33ХС	466	508	529	563	592	622	634	664	—	—
38ХС	466	508	529	563	592	621	634	663	—	—



Сталь	с, Дж/(кг · К), при температуре испытания, °С									
	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600	20-700	20-800	20-900	20-1000
12МХ	473	519	565	594	653	733	888	1365	—	—
15ХМ	487	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30ХМ	462	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30ХМА	462	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35ХМ	462	—	—	—	—	—	—	—	—	—
38ХМА	496	508	525	538	567	600	672	697	—	—
25Х1МФ	462	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25Х2М1Ф	538	575	609	634	676	735	—	—	—	—
38Х2МЮА	496	517	533	546	575	609	638	676	—	—
20Х3МВФ	502	560	610	650	710	750	—	—	—	—
15Х5М	483	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60Г	483	487	—	529	—	575	—	—	—	—
65Г	490	510	525	560	575	590	625	705	—	—
60С2	510	510	520	535	565	585	620	700	—	—
60С2А	510	510	520	535	565	585	620	700	—	—
70С3А	480	510	520	535	565	585	620	700	—	—
50ХФА	490	505	510	530	560	580	620	700	—	—
65С2ВА	475	500	510	530	555	580	615	690	—	—
А12	470	—	479	517	—	571	—	—	—	—
50ХН	500	510	560	630	700	800	910	650	610	700
12ХН2,	494	507	523	536	565	586	624	703	—	—
12ХН2А	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12ХН3А	—	—	—	528	540	565	—	—	—	—
20ХН3А	494	507	523	536	565	586	624	703	—	—
30ХН3А	494	504	518	536	558	587	657	703	695	687
40ХН2МА	490	506	522	536	565	—	—	—	—	—
38ХН3МА	496	508	525	538	567	601	672	697	—	—
38ХН2А1А	490	502	523	532	565	590	615	670	—	—
30ХН2МФА	466	508	529	567	588	—	—	—	—	—
36ХН2МФА	496	508	525	538	567	601	672	697	—	—
38ХН3МФА	496	508	525	538	567	601	672	697	—	—
45ХН2МФА	480	500	520	540	555	—	—	—	—	—
9Х2МФ	440	460	500	570	680	800	940	1100	500	500
75ХМ	490	500	530	570	640	750	900	700	760	810
У7, У7А	—	—	580	664	819	970	710	706	685	—
У8, У8А	477	511	528	548	565	594	624	724	724	703
У12, У12А	469	503	519	536	553	720	611	712	703	699
90ХФ	460	500	560	620	670	730	1320	720	640	650
5ХВ2С	462	—	462	—	—	655	—	—	832	752
40Х10С2М	—	—	—	532	561	586	—	—	—	—
08Х13	462	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12Х13	473	487	506	527	554	586	636	657	666	—
20Х13	112	117	123	127	132	137	147	155	159	—
30Х13	473	486	504	525	532	586	641	679	691	682
40Х13	452	477	502	528	553	678	620	666	691	—
12Х17	462	—	—	—	—	—	—	—	—	—
08Х17Т	462	—	—	—	—	—	—	—	—	—
95Х18	483	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15Х25Т	462	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14Х17Н2	462	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12Х18Н9	504	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17Х18Н9	504	—	—	—	—	—	—	—	—	—
08Х18Н10	504	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12Х18Н9Т	469	486	498	511	519	528	532	544	548	—
12Х18Н10Т	462	496	517	538	550	563	575	596	—	—

Сталь	с, Дж/(кг · К), при температуре испытания, °С									
	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600	20-700	20-800	20-900	20-1000
20Х23Н13	538	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20Х23Н18	538	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45Х14Н14В2М	—	—	507	511	523	528	—	—	—	—
08Х18Г8Н2Т	462	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15Л	470	479	—	517	—	571	—	—	—	—
20Л	487	500	517	533	559	588	638	706	706	—
25Л	470	483	—	525	—	571	—	—	—	—
30Л	470	483	—	525	—	571	—	—	—	—
35Л	470	491	512	533	554	580	613	710	701	—
40Л	470	483	—	525	—	571	—	—	—	—
45Л	470	483	—	525	—	571	—	—	—	—
50Л	479	500	517	542	559	584	617	727	710	—
55Л	479	487	—	525	—	571	—	—	—	—
35ХГСЛ	496	504	512	533	554	584	622	693	689	—
40ХЛ	491	508	525	538	567	588	626	701	689	—
35ХМЛ	479	500	512	529	550	580	617	689	685	—
32Х06Л	491	508	521	533	567	584	622	701	684	—
08ГДНФЛ	483	500	517	529	554	571	613	697	693	—
12ДН2ФЛ	487	504	517	529	559	575	617	689	685	—
20ХГСНДМЛ	491	500	521	533	554	584	622	689	685	—
20Х13Л	470	491	512	533	563	596	643	680	693	—
12Х18Н9ТЛ	512	533	533	542	554	571	580	588	596	—
15К	470	483	—	525	571	—	—	—	—	—
20К	470	483	—	538	571	—	—	—	—	—
22К	470	483	—	525	571	—	—	—	—	—
16ГС	470	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ЗАРУБЕЖНЫЕ АНАЛОГИ НЕКОТОРЫХ  
ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МАРОК СТАЛЕЙ**

№	Россия	Европа	Япония	США
1	05кп	-	-	1005, 1006
2	08	St 12 (2)	-	1008, M1008
3	08(кп, пс)	St 12 (2)	-	1008, M1008
4	10	C <sub>x</sub> 10 (2), C 10(2)	S 10C, S 09CK	1010, M1010
5	10(кп, пс)	-	-	M1012, 1110, 1012
6	15	C <sub>x</sub> 15 (2)	S15C, S15CK	M1010, 1010,
7	15(кп, пс)	-	-	M1012, 1012, 1110
8	20	C22, C22(1), C <sub>x</sub> 22(1)	S20C, S20CK, S20C, S22C	M1015, 1015
10	20(кп, пс)	-	-	M1017, 1017
11	25	C25, C <sub>x</sub> 25(1), Cm 25	S25C	M1020, M1023, 1020
12	30	C30(2)	S30C	M1020, 1020(1), M1023, 1023
13	35	C35, C <sub>x</sub> 35(2), Cm35(2)	S35C	M1025
14	40	C40, C <sub>x</sub> 40, Cm40	S40C, S43C	M1031, 1030
15	45	C <sub>x</sub> 45, C45, Cm45	S45C, S48C	1034, 1035, 1038
16	55	C <sub>x</sub> 55(2), 1155(2)	S55C	1040, 1042
17	60	C60, Cm60	S58C	M1044, 1044, 1045, M1045
18	12K	-	-	1055
19	15K	-	-	1060
20	16K	-	-	M1108
21	18K	-	-	M1115
22	20K	-	S20CK	M1116
23	22K	-	-	M1118, M1119
24	A12	-	S10C	M1120
25	A20	-	SFV <sup>2</sup>	M1126
26	A30	-	SFV <sup>1</sup>	-
27	A40Г	-	SMn443H	-
28	14Г2	-	G3211	-
29	15X	15Cr3	SCr415	5015
30	30X	28Cr4	-	5130
31	35X	34Cr4	SCr430	5132
32	40X	41Cr4, 42Cr4	SCr440	5140
33	40Г	40Mn4	-	1039
34	35Г2	36Mn5	SCMn3, SMn438	1335
35	40XФА	41CrMo4	SCM440	4140, 4142
36	30XM	25CrMo4	SCM420, SCM430	4130
37	35XM	34CrMo4	SCCrM3, SCM432	4137, 4135
38	38XMA	42CrMo4	-	-
39	40XH	40NiCr6	-	3140
40	45XH	45NiCr6	-	-
41	50XH	45NiCr8	-	-
42	12XH3A	-	SNC815H	-
43	30XH3A	31NiCr14	SNC631H	-
44	38XГН	40NiCrMn22	SNCM240	8740
45	38X2H2MA	34CrNiMo6	-	4340
46	40X2H2MA	40NiCrMo6	CNCM439	4340
47	38H3MA	41CrAlMo7	-	-
48	30XH3M2ФА	28NiCrMoV10	-	-

## Продолжение

№	Россия	Европа	Япония	США
49	38Х2МЮА	41CrAlMo7	-	-
50	15ХМ	13CrMo44	-	ASTMA182-F11
51	55С2	55Si7	-	9255
52	60С2	60Si7	-	9260
53	50ХФА	50CrMo4	SCM445	4150
54	60С2ХА	58SiCr3	-	-
55	У8	С80W	SKC3	-
56	У8А	С80W1	-	W108
57	У10	С105W2	SK3	-
58	У10А	С105W1	-	W110
59	ХВГ	105WCr6	SKS31, SKS2, SKS3	-
60	Х12	Х210Cr12	SKD1	D3
61	5ХНМ	55NiCrMoV6	SKT4	L6
62	4Х5МФ1С	Х40CrMoV51	SKD61	M13
63	4Х5МФС	Х38CrMoV51	SKD6	M11
64	3Х3М3Ф	Х32CrMoV33	-	M10
65	3Х2В8Ф	Х30WCrV93	SKD5	H21
66	08Х13	Х7Cr13, Х7Cr14	SUS403	403
67	12Х13	Х10Cr13	SUS410	410
68	20Х13	Х20Cr13	SUS42J1	420
69	30Х13	Х30Cr13	SUS420J2	-
70	40Х13	Х46Cr13	SUS420J2	-
71	12Х17	Х8Cr17	SUS 430	430
72	08Х17Т	Х8CrTi17	-	430Ti
73	20Х23Н18	-	SUS 310	310
74	10Х23Н18	Х12CrNi25.21	SUS310S	310S
75	20Х25Н20С2	Х15CrNiSi25.20	SUS18	314
76	10Х17Н13М2Т	Х10CrNiMoTi1812	-	309
77	12Х18Н9	Х12CrNiTi182	SUS321	321
78	08Х18Н10	Х5CrNi189	SUS304	304
79	20Х20Н14С2	Х15CrNiSi2012	SUH309	309
80	06ХН29МДТ	Х3NiCrMoTi23.23	SCS23	-
81	15Л	GS38	SC360	-
82	20Л	GS-C25	SCPH1	1А
83	25Л	GS45	SC410	2А
84	30Л	-	SC450	ЛСВ
85	35Л	G-S52	SC480	1
86	40Л	-	SCC3	3А
87	50Л	GS60	SCC5	4А
88	30ГСЛ	-	SCSiMn2	-
89	20ФЛ	-	-	SN
90	35ХГСЛ	-	SCMnCr3	-
91	30ХГСФЛ	-	SCMnCr2	-
92	35ХМЛ	-	SCCrM3	9
93	20Х13	G-X20Cr14	SCS2	J91153
94	10Х18Н9Л	G-X6CrNi189	SCS13	J92710
95	110Г13Л	-	SCMnH1,1, SCMnH2, SCMnH3	B-1, B-2, B-3, B-4
96	2212	M530-50A	50A530	M45, 47F305
97	3406	M089-27N, M097-30N, M111-35N	27Z130, 30Z140, 35Z155	M-4, M-5, M-6
98	3408	M089-27N, M097-30N, M111-35N	27Z130, 30Z140, 35Z155	M-4, M-5, M-6
99	81HMA	E3, E4	PC, PCS	Alloy No4
100	50H	F3	PB-1, YEN-45	Alloy No2

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ПЕРЕВОД ТВЕРДОСТИ ПО БРИНЕЛЛЮ, РОКВЕЛЛУ, ВИККЕРСУ И ШОРУ [82]**

По Бринеллю		По Роквеллу			По Виккерсу <i>HV</i>	По Шору
<i>d</i> <sub>10</sub> , мм	<i>HV</i> , кгс/мм <sup>2</sup>	шкалы				
		<i>HRA</i>	<i>HRC</i>	<i>HRB</i>		
2,34	688	84,5	65,0		940	96
2,37	670	83,5	64,0		912	94
2,39	659	83,0	63,0		867	93
2,42	643	82,5	62,0		846	92
2,44	632	—	62,0		832	91,5
2,45	627	82,0	61,0		818	91
2,46	621	82,0	61,0		800	90
2,47	616	81,5	60,0		—	—
2,48	611	—	60,0		773	88
2,50	601	81,0	59,0		756	86
2,51	597	81,0	59,0		741	—
2,52	592	—	59,0		728	—
2,53	587	80,5	58,0		715	—
2,54	582	80,5	58,0		704	83
2,56	573	80,0	57,0		693	—
2,57	569	80,0	57,0		682	—
2,58	564	79,5	56,5		672	—
2,59	560	79,5	56,0		662	—
2,60	555	79,0	56,0		653	79,5
2,61	551	79,0	55,0		644	—
2,62	547	79,0	55,0		635	—
2,64	538	—	55,0		626	—
2,65	534	78,5	54,0		618	76,5
2,66	530	78,0	54,0		610	—
2,67	526	—	—		602	—
2,68	522	78,0	53,0		594	—
2,70	514	—	—		586	73,5
2,71	510	77,5	52,0		578	—
2,72	507	77,0	52,0		570	—
2,73	503	76,5	51,5		—	—
2,74	499	76,0	51,0		563	—
2,75	495	76,0	51,0		556	71
2,76	492	76,0	50,0		549	—
2,77	488	76,0	50,0		—	—
2,78	485	76,0	50,0		542	—
2,79	481	—	50,0		535	68
2,81	474	76,0	49,0		528	—
2,82	470	76,0	49,0		521	—
2,83	467	75,0	48,5		—	—
2,84	464	75,0	48,0		514	—
2,85	461	75,0	48,0		509	65,5
2,86	457	75,0	48,0		—	—
2,87	454	75,0	48,0		500	—
2,88	451	74,5	47,5		495	—
2,89	448	74,0	47,0		—	—
2,90	444	74,0	47,0		484	63,5
2,91	441	74,0	46,0		478	—

## Продолжение

По Бринеллю		По Роквеллу			По Виккерсу HV	По Шору
d <sub>10</sub> , мм	HB, кгс/мм <sup>2</sup>	шкалы				
		HRA	HRC	HRB		
2,92	438	73,5	46,0	—	—	
2,93	435	73,0	46,0	469	—	
2,94	432	73,0	45,0	—	—	
2,95	429	73,0	45,0	461	61,5	
2,96	426	73,0	45,0	457	—	
2,97	423	73,0	44,5	—	—	
2,98	420	73,0	44,0	449	—	
2,99	417	73,0	44,0	—	—	
3,00	415	73,0	44,0	442	59,5	
3,01	412	72,5	43,5	—	—	
3,02	409	72,0	43,0	434	—	
3,03	404	72,0	43,0	427	57	
3,05	401	72,0	43,0	—	—	
3,06	398	72,0	42,0	419	—	
3,07	395	72,0	42,0	—	—	
3,08	393	72,0	42,0	413	—	
3,09	390	71,5	41,5	—	—	
3,10	388	71,0	41,0	406	55,5	
3,11	385	71,0	41,0	—	—	
3,12	383	71,0	41,0	401	—	
3,13	380	71,0	40,5	—	—	
3,14	378	71,0	40,0	395	54	
3,15	375	71,0	40,0	—	—	
3,16	373	70,5	40,0	389	—	
3,17	370	70,0	39,5	—	—	
3,18	368	70,0	39,5	383	—	
3,20	363	70,0	39,0	377	52	
3,21	361	70,0	39,0	—	—	
3,22	359	70,0	39,0	372	—	
3,23	356	69,5	38,5	—	—	
3,24	354	69,0	38,0	366	50	
3,25	352	69,0	38,0	—	—	
3,26	350	69,0	38,0	361	—	
3,27	347	69,0	38,0	—	—	
3,28	345	69,0	37,5	356	—	
3,29	343	69,0	37,0	—	—	
3,30	341	69,0	37,0	351	49	
3,31	339	69,0	37,0	—	—	
3,32	337	68,5	36,5	347	—	
3,33	335	68,0	36,0	—	—	
3,34	333	68,0	36,0	342	—	
3,35	331	68,0	36,0	—	—	
3,36	329	68,0	36,0	337	—	
3,38	325	68,0	35,0	332	—	
3,39	323	68,0	35,0	—	—	
3,40	321	68,0	35,0	328	46	
3,41	319	68,0	35,0	—	—	
3,42	317	67,5	34,5	323	—	
3,43	315	67,0	34,0	—	—	
3,44	313	67,0	34,0	319	44	
3,45	311	67,0	34,0	—	—	
3,46	309	67,0	33,5	315	—	
3,47	307	67,0	33,0	—	—	
3,48	306	67,0	33,0	311	—	

Продолжение

По Бринеллю		По Роквеллу			По Виккерсу HV	По Шору
d <sub>10</sub> , мм	HB, кгс/мм <sup>2</sup>	шкалы				
		HRA	HRC	HRB		
3,50	302	67,0	33,0		307	—
3,51	300	67,0	32,0		—	—
3,52	298	67,0	32,0		302	—
3,53	297	66,5	32,0		—	—
3,54	295	66,0	31,5		299	42
3,55	293	66,0	31,0		—	—
3,56	292	66,0	31,0		296	—
3,57	290	66,0	31,0		—	—
3,58	288	66,0	31,0		292	—
3,60	285	66,0	30,0		288	40,5
3,61	283	66,0	30,0		—	—
3,62	282	66,0	30,0		285	—
3,64	278	—	—		281	—
3,65	277	65,0	29,0		—	—
3,66	275	65,0	29,0		278	—
3,67	271	65,0	28,5		—	—
3,68	272	65,0	28,0		274	—
3,70	269	65,0	28,0		271	38,5
3,71	268	65,0	28,0		—	—
3,72	266	65,0	28,0		268	—
3,73	265	64,5	27,5		—	—
3,74	263	64,0	27,0		265	37
3,75	262	64,0	27,0		262	—
3,76	260	64,0	27,0		262	—
3,77	259	64,0	26,5		—	—
3,78	257	64,0	26,0		259	—
3,80	255	64,0	26,0		256	36,5
3,81	253	64,0	26,0		—	—
3,82	252	63,5	25,5		253	—
3,84	249	—	—		250	—
3,85	248	63,0	25,0		250	35
3,86	246	63,0	25,0		247	—
3,87	245	63,0	25,0		—	—
3,88	244	63,0	24,5		244	—
3,89	242	63,0	24,0	100	—	—
3,90	241	63,0	24,0	100	242	34,5
3,91	240	62,5	24,0	—	—	—
3,92	239	62,0	23,5	—	239	—
3,94	236	—	—	—	236	33,5
3,95	235	62,0	23,0	99	235	—
3,96	234	62,0	23,0	99	234	—
3,97	232	62,0	23,0	—	—	—
3,98	231	62,0	22,5	—	231	—
3,99	230	62,0	22,0	—	—	—
4,00	229	62,0	22,0	98	229	32,5
4,01	228	62,0	22,0	98	—	—
4,02	226	61,5	21,5	—	226	—
4,04	224	—	—	—	224	32
4,05	223	61,0	21,0	97	222	—
4,06	222	61,0	21,0	97	222	—
4,07	221	61,0	20,5	—	—	—
4,08	219	61,0	20,0	—	219	—
4,10	217	61,0	20,0	97	217	31
4,11	216	61,0	20,0	96	—	—
4,12	215	60,5	19,5	96	215	—

## Продолжение

По Бринеллю		По Роквеллу			По Виккерсу HV	По Шору
$d_{10}$ , мм	HB, кгс/мм <sup>2</sup>	шкалы				
		HRA	HRC	HRB		
4,14	213	—	—	—	213	—
4,15	212	60,0	19,0	96	213	—
4,16	211	60,0	19,0	—	210	—
4,17	210	60,0	18,5	95	—	—
4,18	209	60,0	—	95	208	—
4,20	207	60,0	18,0	95	206	29,5
4,21	205	60,0	—	94	—	—
4,22	204	60,0	—	94	203	—
4,23	203	59,5	—	—	—	—
4,24	202	59,0	—	—	201	29
4,25	201	59,0	—	—	201	29
4,26	200	59,0	—	93	199	—
4,27	199	58,5	—	—	—	—
4,28	198	—	—	—	197	—
4,30	197	58,0	—	93	196	—
4,31	196	58,0	—	—	—	—
4,32	195	58,0	—	92	194	—
4,33	194	58,0	—	—	—	—
4,34	193	58,0	—	—	192	27,5
4,35	192	58,0	—	—	190	—
4,36	191	58,0	—	—	190	—
4,37	190	57,5	—	91	—	—
4,38	189	57	—	91	188	—
4,40	187	57	—	91	186	27
4,41	186	57	—	90	—	—
4,42	185	56	—	90	—	—
4,44	184	—	—	90	183	26,5
4,45	183	56	—	89	183	26,5
4,46	182	56	—	—	—	—
4,47	181	56	—	—	—	—
4,48	180	56	—	89	179	25
4,49	179	56	—	89	—	—
4,51	178	56	—	—	—	—
4,52	177	56	—	88	176	—



## Библиографический список

1. *Асанов А. Д.* Металлы и сплавы в автостроении. — М.: Машиностроение, 1954. — 263 с.
2. Автомобильные конструкционные стали: Справочник/ Под ред. А. П. Гуляева и И. С. Козловского. — М.: Машгиз, 1951. — 32 с.
3. *Алексеевко М. Ф.* Структура и свойства теплостойких конструкционных и нержавеющей сталей. — М.: Оборонгиз, 1962. — 216 с.
4. *Андреева В. В., Бернштейн М. Л., Займовский В. А. и др.* Термомеханическая обработка сортового проката конструкционных сталей // *Сталь*. 1975. № 8. С. 740—743.
5. *Александров А. Г.* О природе жаростойкости хромомарганцовистой стали // *Литейное производство*. 1967. № 6. С. 20—22.
6. *Борздыка А. М., Цейтлин В. З.* Термическая обработка жаропрочных сталей и сплавов. — М.: Машиностроение, 1964. — 247 с.
7. *Бух А.* Корреляционная связь между пределом усталости, пределом прочности и другими механическими характеристиками сталей и сплавов // *МиТОМ*. 1962. № 10. С. 28—37.
8. *Бородулин Г. М., Мошкевич Е. И.* Нержавеющая сталь. — М.: Metallurgy, 1973. — 319 с.
9. *Браун М. П., Винокур Б. В., Мирковский Э. Н. и др.* Влияние условий горячей обработки на свойства крупных изделий // *Кузнечно-штамповочное производство*. 1960. № 4. С. 8—12.
10. *Браун М. П.* Механические свойства, теплоустойчивость и теплообработка: Тематический обзор. Киев: Институт технической информации, 1962. — 210 с.
11. *Борздыка А. М., Балакина И. А.* Механические свойства жаропрочных сталей: Сб. научн. тр. № 27. — М.: МИСиС, 1962. — 10 с.
12. *Бадаева А. А.* Свойства и термическая обработка стали Х6ВФ (ЭИ808): Сб. тр./ Под ред. Е. И. Малинкиной. — М.: Машгиз, 1960. — 240 с.
13. *Большаков В. И., Пилипченко Ю. И., Спиваков В. И.* Влияние упрочняющей термической обработки на конструктивную прочность низколегированных сталей // *МиТОМ*. 1980. № 1. С. 36—39.
14. *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.
15. *Браун М. П.* Высоколегированные ферритные и аустенитные стали. — Киев: Машгиз: Укр. отделение, 1954. — 124 с.
16. *Беликова Э. И., Путимцева О. И.* Высокопрочные дисперсионно-твердеющие маломангнитные железохромоникелевые сплавы: Сб. научн. тр. Вып. 55 / Специальные стали и сплавы. — М.: Metallurgy, 1963 — 23 с.
17. *Браун М. П.* Свойства конструкционных сталей в крупных сечениях. — Киев: Машгиз: Укр. отделение, 1954. — 68 с.
18. *Бирюкова В. Н.* Изотермическая закалка инструментальных сталей // *МиТОМ*. 1965. № 9. С. 53—57.
19. *Большаков В. И.* Термическая обработка строительной стали повышенной прочности. — М.: Metallurgy, 1977. — 260 с.
20. Выбор и опробование высокопрочных сталей для валков широкополосного стана (УБС) УЗТМ. — Свердловск: ПО “Уралмаш”. 1974. — 80 с.
21. Выбор и опробование литых сталей с более высокой прочностью, хладостойкостью, износостойкостью в нормализованном состоянии вместо стали 35Л. — Свердловск: ПО “Уралмаш”, 1976. — 67 с.
22. *Волохьянская Э. С., Иньшакова Н. Н., Шапов Н. П.* // Исследование строительных сталей с повышенным содержанием мышьяка: Сб. научн. тр. Вып. 116. — М.: ЦНИИМПС, 1956. Исследование низколегированных и малоуглеродистых строительных сталей. С. 16—46.

23. *Воронина В. А., Маслов А. А., Вишнякова Е. Н. и др.* Литые прокатные валки из низколегированной заэвтектоидной стали // *Литейное производство*. 1981. № 3. С. 31–32.
24. *Ващенко К. И., Ростовцев Л. И., Аленкевич А. В.* Безникелевые стали для отливок колоосников холодильника цементных печей // *Литейное производство*. 1973. № 6. С. 22–23.
25. *Викулин А. В., Солнцев Ю. П., Коджаспиров Г. Е. и др.* Трещиностойкость сталей низкой и средней прочности // *МиТОМ*. 1983. № 8. С. 5–8.
26. *Вязников Н. Ф., Ермаков С. С., Солдатова Н. Я.* Цементация хромистой нержавеющей стали // *МиТОМ*. 1960. № 3. С. 11–13.
27. *Гуляев А. П., Малинина К. А., Саверина С. М.* Инструментальные стали: Справочник / 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1975. – 272 с.
28. *Гудков С. И.* Механические свойства стали при низких температурах: Справочник. – М.: Металлургия, 1967. 267 с.
29. *Геллер Ю. А.* Инструментальные стали. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1975. – 584 с.
30. *Громова А. И.* Коррозионная стойкость реакторных материалов: Справочник / Под ред. В. В. Герасимова. – М.: Атомиздат, 1966. – 606 с.
31. *Гуляев А. П.* Механические свойства инструментальных сталей. – М.: 1958. – 210 с.
32. *Геден М. В.* Термическая обработка валков холодной прокатки. – М.: Металлургия, 1973. – 344 с.
33. *Гладштейн Л. И., Литвиненко Д. А.* Высокопрочная строительная сталь. – М.: Металлургия, 1972. – 240 с.
34. *Высокопрочные арматурные стали / А. П. Гуляев, А. С. Астафьев, М. А. Волков и др.* – М.: Металлургия, 1966. – 139 с.
35. *Гуторова В. Д., Бабенко Л. Д., Коваленко В. С.* Свойства толстолистовой кислородно-конвертерной стали 16ГС и 15К // *Сталь*. 1970. № 9. С. 838–840.
36. *Гринь А. В., Гольдштейн М. И., Лучинская Э. П. и др.* Высокопрочные стали с ванадием для строительных конструкций // *Сб. научн. тр. Т. 5 / Уральский НИИ черных металлов / Проблемы ванадия в черной металлургии*. 1966. С. 214–220.
37. *Гуляев А. П., Мещеринова О. Н., Трифонова Т. Н.* Влияние бора на свойства легированных конструкционных сталей // *Сб. научн. тр. ЦНИИЧМ*. 1962. Специальные стали и сплавы. Вып. 27. – М.: Металлургия, С. 29–46.
38. *Гуляев Б. Б., Шапранов И. А., Шпейсман В. М. и др.* Свойства литой легированной конструкционной стали // *Литейное производство*. 1957. № 2. С. 11–17.
39. *Горин Д. И., Тарагута А. И.* Новые методы повышения механической прочности сталей. Минск: Книжное издательство, 1966. – 38 с.
40. *Гольдштейн Я. Е., Муштакова Т. Л., Комиссарова Т. А.* Влияние селена на структуру и свойства конструкционной стали // *МиТОМ*. 1979. № 10. С. 2–7.
41. *Гуляев А. П., Жадан Т. А.* Новые низколегированные нержавеющие стали. – М.: Машиностроение, 1972. – 104 с.
42. *Гаджибалаев Г. А., Гуляев А. П., Лебедев Д. В.* Вязкость хромоникелевых и хромомолибденовых аустенитных сталей при низких температурах // *МиТОМ*. 1973. № 9. С. 8–11.
43. *Дятлова В. Н.* Коррозионная стойкость металлов и сплавов. Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1964. 351 с.
44. *Давыдова Л. Н., Пшеченкова Г. В.* Конструкционные стали, Справочник / Под ред. Н. Т. Гудцова. М.: Металлургиздат, 1947, Т. 1. 482 с.
45. *Дьяконова В. С., Сахаров А. А., Мальченко Т. В. и др.* Технология производства и свойства стали 17ГС для сварных газонефтепроводных труб // *Сталь*, 1965. № 8. С. 740–745.
46. *Диаграммы распада переохлажденного аустенита в стали 20ХГНР. Приложение // МиТОМ*. 1964. № 12. С. 31–38.
47. *Дьяконова В. С., Коновалова Н. А., Липухин Ю. В. и др.* Опыт производства горячекатаной травленой нестареющей стали для глубокой вытяжки // *Сталь*. 1975. № 2. С. 159–162.
48. *Довгопол В. И., Филиппенков А. А., Котовицков А. А. и др.* Ванадий-содержащие стали для отливок // *Литейное производство*. 1976. № 7. С. 1–2.
49. *Дьяков В. Г. и др.* Легированные стали для нефтехимического оборудования / В. Г. Дьяков, Ю. С. Медведев, З. А. Абрамов и др. М.: Машиностроение: 1971. 183 с.
50. *Журавлев В. Н., Николаева О. И.* Машиностроительные стали; Справочник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1981. 391 с.

51. *Журавлев В. Н., Николаева О. И.* Машиностроительные стали: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1968. 332 с.
52. *Зарапин Ю. Л.* Стали и сплавы в металлургическом машиностроении: Справочник / Ю. Л. Зарапин, В. Д. Попов, Н. Д. Чиченев, М.: Металлургия, 1980. 144 с.
53. *Задорожная Л. К., Добрускина Ш. Р., Курманов М. И.* Свойства стали, упрочненной легированием или термической обработкой // *МиТОМ*. 1972. № 5, С. 47–50.
54. *Заспицкий Н. А., Бирюкова В. Н., Гольдман Л. Д. и др.* Свойства стали 6ХВ2С после обычной и изотермической закалки. // *МиТОМ*. 1975. № 2. С. 69–71.
55. Замена никельсодержащих сталей безникелевыми и с пониженным содержанием никеля. – Свердловск: УПИ, 1959. – 130 с.
56. Исследование теплофизических свойств 20 марок стали. – Свердловск: УПИ, 1978. – 52 с.
57. Исследование основных характеристик сталей, выплавляемых Уралмашзаводом. – Свердловск: УЗТМ, 1958. – 83 с.
58. Изыскание и разработка оптимального режима отжига валков горячей прокатки. – Электросталь: ЭЗТМ, 1968. – 120 с.
59. Исследование некоторых параметров стали марки 60ХН применительно к валкам горячей прокатки. – Электросталь: ЭЗТМ, 1969. – 100 с.
60. 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. – 75 с.
61. Исследование влияния условий перекристаллизации на длительность режимов термообработки крупных поковок из легированных конструкционных сталей. – Краматорск: НИИПТмаш, 1978. – 136 с.
62. *Иньшаков Н. Н., Шапов Н. П.* Строительная низколегированная сталь НЛ-2 // *Научн. тр. / ЦНИИМПС*. – М.: ЦНИИМПС, 1956. Вып. 116. Исследование низколегированных и малоуглеродистых строительных сталей. С. 165–187.
63. Исследование причин повреждения рабочего слоя валков листовых станов и разработка мероприятий по повышению качества валков. – Свердловск: НИИтяжмаш, 1980. – 78 с.
64. *Иванов Б. В., Анидалов М. П.* Ванадиевая сталь для деталей ходовой системы трактора / *Литейное производство*. 1973. № 6. С. 40–41.
65. Исследование влияния ванадия на литейные и механические свойства стали марок 35ХМЛ, 35ХНЛ с целью повышения качества заготовок. – Свердловск: ЦНИИТтяжмаш, 1979. – 66 с.
66. Исследование влияния ванадия на структуру сталей и разработка технологии термической обработки сталей 35ХМЛ, 35ХНЛ. – Свердловск: ЦНИИТтяжмаш, 1979, – 43 с.
67. *Ильинский В. А.* Дендритная ликвация элементов и структура перекристаллизации нормализованной стали 45ФЛ // *Металлы*. 1984. № 6. С. 122–126.
68. *Йех Я.* Термическая обработка стали: Справочник. 3-е изд., исправ. и доп. / Пер. с чешск. / Под ред. Ю. Г. Андреева и В. Б. Фридман. – М.: Металлургия, 1979. – 264 с.
69. *Качанов Н. Н.* Прокаливаемость стали. 2-е изд., перераб. и доп. М.: – Металлургия, 1978. – 192 с.
70. *Колесник Б. П., Талалай Г. П.* Термическая обработка труб нефтяного сортамента из высокохромистой стали // *МиТОМ*. 1968. № 8. С. 53–55.
71. *Кошелев П. Ф., Беляев С. Е.* Прочность и пластичность конструкционных материалов при низких температурах: Справочное пособие. – М.: Машиностроение, 1967. – 364 с.
72. Критический диаметр некоторых конструкционных сталей // *МиТОМ*. 1963. № 12. – 44 с.
73. *Косарев В. А., Филиппенков А. А., Шагалов В. Л. и др.* Факторы усталостной прочности литых тележек грузовых вагонов // *Литейное производство*. 1976. № 9. С. 33–34.
74. *Кубачек В. В., Склюев П. В.* Влияние перегрева на бейнитную прокаливаемость стали // *МиТОМ*. 1978. № 2.
75. *Качалкин Г. С., Недосугов Ю. Д., Качалкин В. Г.* Литые жаропрочные стали с пониженным содержанием никеля // *МиТОМ*. 1972. № 6. С. 57–58.

76. *Касинская Л. Л., Журавлева Л. В., Жадан Г. А. и др.* Сталь 08Х18Г8Н2Т для котлов цистерн, транспортирующих азотную кислоту // *МиТОМ*. 1976. № 10. С. 30–33.
77. *Либерман Л. Я., Пейсихис М. И.* Справочник по свойствам сталей, применяемых в котлотурбостроении. 2-е изд. / Под ред. А. А. Канаева. – М.; Л.: Машиностроение, 1958. – 408 с.
78. *Лейкин И. М., Чернашкин В. Г.* Низколегированные строительные стали. – М.: Металлургиздат, 1952. – 395 с.
79. *Лейкин И. М., Литвиненко Д. А., Рудченко А. В.* Производство и свойства низколегированных сталей – М.: Металлургия, 1972. – 256 с.
80. Литая сталь для подвижного состава: Сб. ст. – М.: Гранжелдориздат, 1957. – 128 с. (Труды всесоюзного научн.-исследов. ин-та жел.-дор. транспорта. Вып. 130).
81. Марочник сталей и сплавов / Под ред. В. Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 639 с.
82. Марочник стали и сплавов. 3-е изд., перераб. и доп. / Под ред. И. Р. Крянина и др. – М.: ЦНИИТмаш, 1977. – 210 с.
83. Марочник сталей, выплавляемых Уралмашзаводом / НИИтяжмаш УЗТМ. – Свердловск: УЗТМ, 1975. – 125 с.
84. Материалы в машиностроении. Т. 2. Конструкционная сталь: Справочник / Под ред. И. В. Кудрявцева, Е. П. Могилевского. – М.: Машиностроение, 1967. – 496 с.
85. Материалы в машиностроении. Т. 3. Специальные стали и сплавы: Справочник / Под ред. И. В. Кудрявцева, Ф. Ф. Химушина. – М.: Машиностроение, 1968. – 446 с.
86. *Михайлов-Михеев П. Б.* Справочник по металлическим материалам турбино- и моторостроения. – М. – Л.: Машиностроение, 1961. – 838 с.
87. Марочник сталей, применяемых в станкостроении. 2-е изд., исправ. и доп. – М.: ЦБТИ, 1958. – 151 с.
88. Марочник сталей. – М.: ЦБТИ, 1961. – 303 с.
89. Металловедение и термическая обработка стали. 2-е изд. перераб. и доп.: Справочник / Под ред. М. Л. Бернштейна и А. Г. Рахштадта. – М.: Металлургиздат, 1962. Т. 2. С. 255–1656.
90. Крупные стальные отливки / А. М. Манакин, В. А. Денисов, И. Н. Яковлев и др. – М.: Машиностроение, 1969. – 215 с.
91. Автомобильные материалы. 2-е изд., перераб. и доп.: Справочник инженера-механика / М. А. Масино, В. Н. Алексеев, Г. В. Мотовилин. – М.: Транспорт, 1979. – 288 с.
92. Марочник черных металлов, применяемых на заводе Кузмашзавод. 1964. – 24 с.
93. *Масло Л. Н., Коньшев В. Н.* Термическая обработка калиброванного проката конструкционных сталей и легированной пружинной проволоки после ВТМО // Термическая обработка проката. М.: Металлургия, 1983. С. 75–76.
94. *Масленков С. Б.* Жаропрочные стали и сплавы: Справочник. – М.: Металлургия, 1983. – 191 с.
95. Марочник сталей и сортамент деталей. – Брянск: Бежицкий сталелитейный завод, 1980. – 33 с.
96. *Мамонтова Т. А., Никулин Б. А., Плотников Г. Н. и др.* Изготовление отливок из стали 14Х2ГМРЛ // Литейное производство. 1984. № 11. С. 10–11.
97. *Морозов П. Ф., Кац А. А., Сигова В. И.* Применение стали 45ХНМФА для изготовления торсионных валов // *МиТОМ*. 1968. № 8. С. 43–45.
98. *Малинкина Е. И.* Влияние прокаливаемости на выбор среды охлаждения при закалке инструментальной стали // Сб. научн. тр. / ВНИИ. – М.: ВНИИ, 1959. – 72 с.
99. *Монина В. Я.* Изыскание стали и разработка режимов термической обработки опорных валков горячей прокатки. Автореферат канд дис. – М., 1977.
100. Нормативы времени и режимы резания на токарные работы. Серийное производство: Альбом. – Свердловск: УЗТМ, 1973.
101. Нормативы времени и режимы резания на сверлильные работы. Серийное производство: Альбом. – Свердловск: УЗТМ, 1977.
102. *Немзер Г. Г., Аронов М. А.* Исследование теплофизических свойств сталей // Кузнечно-штамповочное производство. 1980. № 3. С. 26–30.
103. *Никольский Л. А., Золотаревский И. М.* Исследование окалиностойкости (жаростойкости) штамповых сталей // Кузнечно-штамповочное производство. 1976. № 9. С. 9–11.

104. Марочник стали для машиностроения. — М.: ЦНИИТмаш, 1965. — 593 с.
105. *Попова Л. Е., Попов А. А.* Диаграммы превращения аустенита в сталях и бета-раствора в сплавах титана 3-е изд., перераб. и доп.: Справочник термиста. — М.: Металлургия, 1991. — 502 с.
106. *Приданцев М. В., Бабанов А. А.* Коррозионностойкие стали и сплавы. — М.: Металлургия, 1971. — 319 с.
107. Надежность и долговечность валков холодной прокатки 2-е изд., перераб. и доп. / В. П. Полушкин, В. А. Николаев, М. А. Тылкин и др. — М.: Металлургия, 1976. — 448 с.
108. *Приданцев М. В., Давыдов Л. Н., Тамарина И. А.* Конструкционные стали: Справочник. — М.: Металлургия, 1980. — 288 с.
109. Штамповые стали / Л. А. Позняк, Ю. М. Скрынченко, С. И. Тишаев. — М.: Металлургия, 1980. — 244 с.
110. *Побежимов П. И.* Литейные свойства сталей, применяемых в тяжелом машиностроении // Литейное производство. 1969. С. 6–8.
111. *Побежимов П. И., Авиллов И. И., Кудрявцев Г. С.* Применение стали 14Х2ГМР для отливок // Литейное производство. 1969. № 8. С. 9–11.
112. *Позняк Л. А.* Инструментальные стали: Справочник. — М.: Металлургия, 1977. — 210 с.
113. *Поздняков Л. Г., Ганзуля А. Н.* Превращение аустенита в сталях 17Г2СФ и 17ГС при непрерывном охлаждении // МиТОМ. 1974. № 3. С. 73–75.
114. Конструкционные стали (Справочные данные). Сталь 18ХГТ // МиТОМ. 1970. № 2. С. 39–43.
115. Конструкционные стали (Справочные данные). Сталь 34ХН1М // МиТОМ. 1978. № 5. С. 13–15.
116. *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.
117. *Проклопенко А. В.* Влияние низких температур на циклическую прочность конструкционных сталей // Проблемы прочности. 1978. № 1. С. 56–59.
118. *Подопригора С. С.* Справочник термиста. — Л. — М.: ОНТИ, 1936. — 394 с.
119. *Подопригора С. С.* Среднемарганцовая конструкционная сталь. — Л. и др.: ОНТИ, 1934. — 130 с.
120. *Пустыльник Л. И.* Термическая обработка штампов из стали Х12 // МиТОМ. 1973. № 11. С. 26–30.
121. Конструкционные стали (Справочные данные). Сталь 38Х2Н2МА // МиТОМ. 1983. № 10. — 34 с.
122. *Плотников Г. Н., Гервасьев М. А.* Высокопрочная хладостойкая сталь для крупных отливок // Литейное производство. 1985. № 3. С. 12–13.
123. Конструкционные стали (Справочные данные). Сталь 12ХНЗА // МиТОМ. 1981. № 2. С. 31–33.
124. Производство крупных машин / Сборник УЗТМ. — М.: Машиностроение, 1974. — 240 с.
125. Сталь конструкционная: Справочное руководство для конструкторов и технологов. — М.: Машиностроение, 1973. — 268 с.
126. Металлы и сплавы: Справочные данные о физико-механических свойствах при различных температурах и условиях нагружения / А. А. Прус, Б. И. Ермолаев. — М.: ЦНИИ, 1975. — 85 с.
127. Сталь конструкционная и коррозионностойкая, применяемая в судовом машиностроении в виде поковок, сортового проката и литья. — М.: Судостроение, 1967. — 104 с.
128. *Рахштадт А. Г.* Пружинные стали и сплавы. 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Металлургия, 1971. — 496 с.
129. *Рахштадт А. Г.* Пружинные стали и сплавы. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Металлургия, 1982. — 400 с.
130. Сталь конструкционная. Ч. 1. Справочные данные, 1977. — 491 с.
131. Литые конструкционные стали / Физико-механические и технологические свойства — М.: Машиностроение, 1970. — 148 с.
132. *Раузин Я. Р.* Термическая обработка хромистой стали (для подшипников и инструмента). 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машгиз, 1963. — 384 с.
133. Экономнолегированные штамповые стали для формообразующих деталей пресс-форм литья под давлением цветных сплавов / ЗПКТИ. — Запорожье: ОНТЭИ, 1978. — 66 с.

134. Разработка технологии и изготовление опытной партии крупных валков (с диаметром бочки более 1200 мм) из вакуумированных слитков – Свердловск: НИИТяжмаш УЗТМ., 1974. – 84 с.
135. Свойства сталей и сплавов, применяемых в котлотурбостроении. Ч. 1. – Л.: ЦКТИ, 1966. – 220 с.
136. Стали для станков и машин. – М.: Машиностроение, 1982. – 253 с.
137. Разработка и внедрение экономнолегированной стали для крупных поковок – М.: ЦНИИМ, 1989. – 120 с.
138. Справочник по авиационным материалам. Т. 1. Конструкционные стали, чугуны и припой / Под ред. А. Т. Туманова – М.: Машиностроение, 1965. – 515 с.
139. Стали с пониженным содержанием никеля: Справочник / Под ред. М. В. Приданцева и Г. Л. Лившица. – М.: Металлургиздат, 1961. – 200 с.
140. Справочник по машиностроительным материалам. Т. I. Сталь / Под ред. Г. И. Погодина-Алексеева, Ю. А. Геллера. – М.: Машиностроение, 1959. – 907 с.
141. Совершенствование производства прокатных валков. Реферативная информация. 14–74–2 – М.: НИИинформтяжмаш. 1974. – 44 с.
142. Конструкционные материалы – Электросталь: ЭЗТМ, 1979. – 35 с.
143. Сопrotивляемость кавитации особенностей структуры и механических свойств металлов // Научн. тр. ЦНИИТмаш. Вып. 101 / Исследование металлов для гидротурбин / Под ред. И. Р. Крянина – М.: 1972. С. 28–34.
144. Солнцев Ю. П., Степанов Г. А. Материалы в криогенной технике: Справочник – Л.: Машиностроение, 1982. – 312 с.
145. Соколовский П. И. Малоуглеродистые и низколегированные стали. М.: – Металлургия, 1966. – 216 с.
146. Стали с ванадием: Обзор / Под ред. Н. М. Гольдштейна – М.: Черметинформация, 1967. – 117 с.
147. Сабун Л. Б., Флоров Р. С., Зиновьев В. Е. и др. Физические и механические свойства строительных сталей // МиТОМ. 1972. № 2. С. 64–68.
148. Соколовский П. И. Арматурные стали. – М.: Металлургия, 1964. – 208 с.
149. Сырейщиков В. И., Панфилова Л. М., Подольский Э. П. и др. Конструкционные высокопрочные ванадийсодержащие стали для машиностроения // Сталь. 1980. № 11. С. 1010–1014.
150. Марочник металлов – Лю: Завод ПТО им. С. М. Кирова, 1976. – 30 с.
151. Список сталей, чугунов и цветных сплавов, выплавляемых на ДЗМО. Днепрпетровск: ДЗМО, 1972. – 63 с.
152. Селяво А. Л., Попова Н. М., Заславская Л. В. и др. Витые пружины из стали 3Х13 // МиТОМ. 1966. № 11. С. 36–40.
153. Спиридонов В. Б., Кузьминская Л. Н., Гордеев Ю. П. Упрочнение хромоникелевых сталей с нестабильным аустенитом // МиТОМ. 1973. № 4. С. 2–9.
154. Современные материалы в автомобилестроении: Справочник / В. С. Дорфман, И. И. Леттфорд, Э. Н. Либерман и др. – М.: Машиностроение, 1977. – 271 с.
155. Сорокин В. Г. и др. Экономнолегированная сталь для крупных поковок // МиТОМ. 1983. № 6. С. 7–11.
156. Семичастная А. В., Алешкин Ф. И. Влияние температуры на модуль упругости быстрорежущих и штамповых сталей // МиТОМ. 1973. № 3. С. 56–58.
157. Сравнение норм отечественных и зарубежных стандартов на марочный состав и свойства легированных конструкционных сталей / Ф. Прокша, Е. С. Савилов, А. Г. Никонов – М.: Черметинформация, 1975. – 154 с.
158. Товпенец В. С., Жуков А. И. Режимы упрочняющей термической обработки проката. – Донецк: Бюл. изобрет., 1967. – 62 с.
159. Технологические, физико-химические и механические свойства стали / Сб. науч. тр. МИСиС / Под ред. В. П. Елютина – М.: Металлургиздат, 1949. – 291 с.
160. Термическая обработка в машиностроении: Справочник / Под ред. Ю. М. Лахтина, А. Г. Рахштадта. – М.: Машиностроение, 1980. – 783 с.
161. Туник А. А. Влияние некоторых технологических факторов на механические свойства отливок по выплавляемым моделям // Литейное производство. 1961. № 10. С. 32–35.

162. *Тылкин М. А.* Справочник термиста ремонтной службы. — М.: Металлургия, 1981. — 648 с.
163. *Тылкин М. А.* Повышение долговечности деталей металлургического оборудования. — М.: Металлургия, 1971. — 608 с.
164. *Туфанов Д. Г.* Коррозионная стойкость нержавеющей сталей и чистых металлов: Справочник. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Металлургия, 1973. — 351 с.
165. *Туфанов Д. Г.* Коррозионная стойкость нержавеющей сталей, сплавов и чистых металлов: Справочник. 4-е изд. перераб. и доп. — М.: Металлургия, 1982. — 352 с.
166. *Теплухин Г. Н.* Термическое упрочнение низкоуглеродистой литой стали. — Л.: ЛДНТП, 1982. — 18 с.
167. Термическая обработка и свойства литой стали. Труды Всесоюзного совещания / Под ред. Н. С. Крещановского. — М.: Машгиз, 1955. — 356 с.
168. Теплофизические свойства веществ: Справочник / Под ред. Н. Б. Варгафтика — М.—Л.: Госэнергоиздат, 1956. — 367 с.
169. *Тылкин М. А.* Прочность и износостойкость деталей металлургического оборудования. — М.: Металлургия, 1965. — 347 с.
170. *Ульянин Е. А.* Коррозионные стали и сплавы: Справочник. — М.: Металлургия, 1980. — 208 с.
171. *Узлов И. Г.* Повышение свойств и эффективности применения проката путем термического упрочнения // Сталь. 1977. № 10. С. 943–948.
172. *Уманский В. Б., Обернихина А. А.* Влияние режима термической обработки на механические свойства стали 6ХВ2С // Сталь. 1976. № 3. С. 265–267.
173. *Филинов С. А., Фиргер И. В.* Справочник термиста. — 4-е изд., перераб. и доп. — Л.: Машиностроение, 1975. — 352 с.
174. Физические свойства сталей и сплавов, применяемых в энергетике: Справочник / Под ред. Б. Е. Неймарк. — М.—Л.: Энергия, 1967. — 240 с.
175. *Фоминых И. П., Яковенко Р. Ф., Шенгалева В. М.* Влияние отпускной хрупкости на хладостойкость отливок из стали 35ГЛ // Литейное производство. 1969. № 8. С. 40–41.
176. *Харченко В. А., Мерший Н. П., Стычинский Л. П. и др.* Механические свойства арматуры из стали 35ГСЛ, термически упрочненной в потоке прокатки // Сталь. 1970. № 10. С. 941–943.
177. *Химушин Ф. Ф.* Легирование, термическая обработка и свойства жаропрочных сталей и сплавов. — М.: Оборонгиз, 1962. — 336 с.
178. *Химушин Ф. Ф.* Нержавеющие стали. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Металлургия, 1967. — 798 с.
179. Свойства сталей и сплавов, применяемых в котлотурбостроении. Ч. I. Вып. 16. — Л.: ЦКТИ, 1966. — 220 с.
180. Свойства сталей и сплавов, применяемых в котлотурбостроении. Ч. II. вып. 16. — Л.: ЦКТИ, 1966. — 244 с.
181. Свойства сталей и сплавов, применяемых в котлотурбостроении. Ч. III, вып. 16. — Л.: ЦКТИ, 1966. — 180 с.
182. *Чиркин В. С.* Теплофизические свойства материалов: Справочное руководство. — М.: Физматгиз, 1959. — 356 с.
183. *Шнееров Я. А., Вихлевицук В. А.* Полуспокойная сталь. — М.: Металлургия, 1973. — 367 с.
184. *Шнееров Я. А., Вихлевицук В. А.* Низколегированные и полуспокойные стали повышенной прочности и хладостойкости для ответственных сварных конструкций (Информационное письмо № 28). — Киев, 1978. — 3 с.
185. *Шахов М. А., Иванов К. Я.* Новая высокопрочная сталь 36ХН1М(В)ФА с низким содержанием никеля. — Л.: ЛДНТП, 1961. — 19 с.
186. *Шульте Ю. А., Волчок Т. П., Пинчук Е. И. и др.* Хладостойкие экономнолегированные стали // Литейное производство. 1969. № 9. С. 4–5.
187. Штамповые материалы. Обработка и применение: Сб. науч. тр. Вып. № 18. / Под ред. Н. Т. Деордиева, Г. П. Большакова. — М.: Машиностроение, 1968. — 143 с.
188. Штамповые стали, состав, свойства, термическая обработка: Сб. науч. тр. Вып. № 9. / Под ред. Н. Т. Деордиева, Л. А. Позняка. — М.: Машиностроение, 1964. — 128 с.

189. Щедрин Е. И., Сагарадзе В. В., Малышев К. А. Влияние величины зерна и стабильности гамма-фазы на предел выносливости высокопрочных аустенитных сталей // *МиТОМ*. 1981. № 5. С. 46–50.
190. Эшштейн А. Е. Термическая обработка и механические свойства арматурной стали // *МиТОМ*. 1965. № 6. С. 30–36.
191. Grain Oriented and non Oriented Electrical Steel Sheets. VIZ STAL. Информационный проспект ОАО Верх-Исетский металлургический завод, 1999.
192. Коннова И. Ю., Сергеева Т. К., Зикеев В. Н. и др. Сталь 40ХМФА. Справочные данные // *МиТОМ*. 1985. № 10. С. 31–33.
193. Кальнер В. Д., Ковригин В. А., Старокожев Б. С. Новые способы химико-термической обработки конструкционных сталей в автомобилестроении // *МиТОМ*. 1976. № 7. С. 67–69.
194. Ланская К. А. Жаропрочные стали. – М.: Металлургия, 1969. – 246 с.
195. Прецизионные сплавы: Справочник. Под ред. Б. В. Молотилова. – М.: Металлургия, 1983. – 310 с.
196. Золоторевский В. С. Механические свойства металлов. – 3-е изд. – М.: МИСиС, 1999. – 240 с.
197. Гольдштейн М. И., Грачев С. В., Векслер Ю. Г. Специальные стали. – 2-е изд. – М.: МИСиС, 1999. – 280 с.
198. Чуйко Н. М., Мошкевич Е. И., Перевязко А. Т., Галицкий Ю. П. Трансформаторная сталь. – М.: Металлургия, 1970. – 240 с.
199. Лифшиц Б. Г., Кралшин В. С., Линецкий Я. Л. Физические свойства металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1980. – 310 с.

ГЛ