

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

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Al	B
≤ 0,10	≤ 0,60	≤ 0,60	≤ 0,010	≤ 0,025	10,0–12,5	21,0–25,0	1,00–1,60	2,60–3,20	≤ 0,80	≤ 0,02

Механические свойства

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	σ _{0,2} , Н/мм ²	σ _в , Н/мм ²	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см ²	σ _{дл.} , Н/мм ²					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее				
												σ _{0,2} , Н/мм ²	σ _в , Н/мм ²	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см ²
ГОСТ 5949–75	Закалка	1100–1170, 2–5 ч	Воздух или масло	До 60	20	590	880	8	10	29	—					
												Старение	750–800, 16–25 ч	Воздух	750	—
	Закалка	950–1050, 2–5 ч	Масло	До 60	600	685	980	10	12	29	569 ²					
												Старение	730–780, 16 ч	Воздух	600	685
Дополни- тельное старение	600–650, 10–16 ч	Воздух	600	685	980	10	12	29	569 ²							

¹ σ₁₀₀ — предел длительной прочности за 100 ч.

² σ₅₀ — предел длительной прочности за 50 ч.

В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают:

- а) с травленной поверхностью;
- б) с нормированной чистотой стали по волосовинам, выявленным потребителем на готовых деталях визуально;
- в) с контролем внутренних дефектов металла неразрушающими методами;
- г) с проверкой длительной прочности стали;
- д) с проверкой механических свойств при повышенных температурах;
- е) с нормированием содержания газов в стали;
- ж) с контролем на излом;
- з) с механическими свойствами, повышенными или в более узких пределах по сравнению с указанными в таблице;
- и) с контролем на загрязненность стали неметаллическими включениями;
- к) с проверкой величины зерна.

Примечание.

Нормы при испытаниях по подпунктам в, г, д, е, ж, з, и, к устанавливаются по согласованию потребителя с изготовителем.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	σ _{0,2} , Н/мм ²	σ _в , Н/мм ²	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см ²	НВ	КП					
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее				
												σ _{0,2} , Н/мм ²	σ _в , Н/мм ²	δ, %	ψ, %	КCU, Дж/см ²
ГОСТ 20700– 75	Старение	780±10, 16 ч	Воздух	Не ограни- чено	Болты, шпильки, пробки, хомуты											
	Отпуск	650±10, 16 ч	Воздух		686	980	12	14	49	302–388	685					

Примечания.

1. Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
3. Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.
4. Твердость гаек допускается равной твердости шпилек, болтов, если один из элементов соединения подвергается упрочняющей химико-термической обработке или накатке резьбы.
5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше 10⁴/σ_в (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.

Пределы длительной прочности

НД	Режим термообработки			t, °C	Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 ⁴	2,5·10 ⁴	1·10 ⁵
ГОСТ 20700– 75	Отпуск	780, 16 ч	Воздух	500	—	475	
	Отпуск	650, 16 ч	Воздух	580	—	310	
				700	150	—	

10X11H23T3MP (10X12H22T3MP, ЭП 33, ЭИ 696M)

Механические свойства при различных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[16]	Закалка	1160–1180, 2–8 ч	Воздух	Прутки; поковки 90	20	680–700	950–1020	10–15 ¹	14–19	30	269–302
	Старение	750–780, 16–25 ч			500	640	900	9 ¹	14	—	—
					600	630	860	10 ¹	16	—	—
					700	590	710	11 ¹	17	—	—
					750	520	620	8 ¹	13	—	—
					800	390	460	17 ¹	36	—	—
	Закалка	1100–1130, 3–5 ч	Масло		20	650–800	1100–1250	13–30	15–35	30–100	302–352
	Старение	720–750, 16 ч			500	—	950–1050	15–30	15–35	—	—
					600	—	850–1050	10–22	10–25	—	—
					700	—	650–850	8–18	10–26	—	—
	750	—	580–700	8–14	10–25	—	—				
	Закалка	1120±10, 3 ч	Масло		20	730–850	1100–1200	13–20	18–25	—	—
	Старение	775±5, 16 ч			500	—	900–980	11–15	17–20	—	—
			700	—	740–800	10–17	15–20	—	—		
	Закалка	1120, 3 ч	Масло		20	650–750	1000–1100	17–27	20–30	60–100	285–321
	Старение	840–850, 3–5 ч			600	650–700	850–960	15–25	20–30	—	—
	Старение	700+20, 20–25 ч			700	600–700	700–800	12–20	15–25	—	—
	Закалка	900–1000, 3–5 ч	Масло		20	850–1000	1100–1300	20–25	25–40	50–100	—
Старение	720, 16 ч	500			850–980	1000–1150	13–20	25–35	—	—	
		600			750–910	1000–1050	12–20	25–35	—	—	
		700			700–800	800–900	10–15	10–25	—	—	
750	—	600–750	12–16	15–25	—	—					

¹ Удлинение определено по расчетной длине $\ell = 10d$.

Механические свойства при низких температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	σ_b^2 , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[16]	Закалка	1000, 3–5 ч	Масло	Прутки;	–70	920–1000	1390	1680–1800	20–25	35–40	80
	Старение	720–750, 16 ч			поковки	–196	1090	1590	1680–1800	15	17
	Старение	630–550, 10–16 ч	Воздух	90	–253	1140	1540	—	5	9	—
	Закалка	1120, 3 ч			–70	820–920	1290	1550–1650	19	21	—
	Старение	775, 16 ч			–196	960–1070	1400	1630–1710	14	16	—
	Старение	600, 5 ч			–253	1140	1540	—	5	9	—

² Образец с надрезом. R_n = 0,1 мм.

10X11H23T3MP (10X12H22T3MP, ЭП 33, ЭИ 696М)

Механические свойства стали, полученной вакуумным дуговым переплавом, при различных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ																																							
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда																																															
[16]	Закалка	1120, 3 ч	Масло	Прутки;	20	750–950	1050–125	13–22	14–27	50–90	311–341																																							
												Старение	780, 16 ч	С печью до 620°C, 16 ч, далее воздух	поковки	500	—	950–1130	15–20	15–30	—	—																												
																							90	600	—	900–1080	12–26	15–35	—	—																				
																															650	—	800–1000	12–26	17–35	—	—													
																																						700	—	680–850	12–30	17–35	—	—						
	750	—	580–700	17–40	20–40	—	—																																											
	Закалка	1000, 3 ч	Масло	Прутки;	20	900–1030	1200–1300	18–26	20–40	45–80	341–385																																							
												Старение	750, 16–25 ч	С печью до 650°C, 10–16 ч, далее воздух	поковки	500	—	1050–1200	13–20	20–40	—	—																												
																							90	550	—	1000–1140	12–20	20–44	—	—																				
																															600	—	950–1080	15–30	25–48	—	—													
																																						650	—	900–970	15–30	18–50	—	—						
																																													700	—	750–850	14–30	15–45	—

Механические свойства стали для дисков, полученной вакуумным дуговым переплавом, при различных температурах

НД	Режим термообработки			Место вырезки образца	t, °C	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	Длительная прочность																																									
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда							не менее или в пределах																																									
										t, °C	σ , Н/мм ²	τ , ч																																							
[16]	Закалка	1120, 3 ч	Масло	Поковки для дисков	20	750	1100	14	15	650	480 ¹	395 ²																																							
													Старение	780, 16 ч	С печью до 620°C, 16 ч, далее воздух	Обод	600	—	920	12	15	700	400 ¹	282 ²																											
																									Образцы тангенциальные	700	—	700	15	18	700	400	422 ¹																		
																																		радиальные	700	—	700	400	100												
																																								Полотно	20	—	1140	10	12	650	480 ¹	375 ²			
																																																	Образцы радиальные	600	—
	Ступица	20	765	1130	11	15	650	480	160 ²																																										
										Образцы радиальные	600	—	900	17	23	700	400 ¹	210 ²																																	
	Образцы радиальные	700	—	680	19	21	700	400 ¹	120–356 ²																																										
										Закалка	1000, 3 ч	Масло	Обод	20	800–1050	1100–1300	15–25	17–32	500	900	110–153																														
	Старение	650, 10–16 ч	Воздух	Образцы тангенциальные	500	—	1080	13	29													550	700	100–322																											
																									радиальные	550	—	1080	13	30	600	600	77–200 ²																		
																																		Полотно	20	900	1100–1300	21	33	500	900	120–153									
																																											Образцы радиальные	400	—	1060	16	36	550	700	140 ²
										Образцы радиальные	550	—	1080	13	30	600	580 ¹	218																																	
	Ступица	20	900	1200	17	30	400	950	338–360 ²																																										
										Образцы радиальные	400	—	1080	14	25	400	980	1644 ²																																	
Образцы радиальные	500	—	1060	14	32	600	600	94–275																																											

¹ Образец с надрезом. R_n = 0,1 мм.² Образцы сняты до разрушения.

10X11H23T3MP (10X12H22T3MP, ЭП 33, ЭИ 696М)

Длительная прочность стали, полученной вакуумным дуговым переплавом

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

¹ Образцы сняты до разрушения.

Пределы ползучести

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

t, °C	Предел выносливости, Н/мм ² [16]			Термообработка	Жаростойкость [16]			
	σ ₋₁	τ ₋₁	N		Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч
750	260	—	10 ⁷	Прутки и поковки со стороны квадрата 90 мм. Закалка 1170–1180°C, 2 ч, воздух. Старение 775°C, 20 ч воздух	Сталь обладает удовлетворительным сопротивлением газовой коррозии при температурах до 850°C			
750	250	—	10 ⁷					

10X11H23T3MP (10X12H22T3MP, ЭП 33, ЭИ 696М)
Пределы длительной прочности

НД	Режим термообработки			Сече- ние, мм	t, °C	Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч								
	Операция	t, °C	Охлаждаю- щая среда			1·10 ²	3·10 ²	5·10 ²	1·10 ³	2·10 ³	1·10 ²			
											С надрезом			
		R _н =0,5 мм	R _н =0,1 мм											
[16]	Закалка	1120, 3 ч	Масло	Прутки;	600	630	—	—	—	—	—	—	—	
	Старение	840–850, 3–5 ч	Воздух	поковка	650	500	—	—	—	—	—	490–500	—	
	Старение	700±20, 20–25 ч	Воздух	90	700	400	—	—	—	—	—	380–400	—	
					750	300	—	—	—	—	—	—	—	
	Закалка	1100–1130, 3–5 ч	Масло	Прутки;	400		890– 900	—	—	—	—	—	—	
	Старение	720–750, 16 ч	С печью до 650–650°C, 16–20 ч, далее воздух	90	поковка	500	750	—	740	700	680	—	—	—
					500 ¹	830	—	780	740	720	—	—	—	
					600	600	—	—	—	—	—	—	—	
					600 ¹	630	—	—	—	—	—	—	—	
					650	490	—	390	370	350	—	—	—	
					650 ¹	500	—	410	390	360	—	—	—	
					700	400	—	320	300	280	—	—	—	
					700 ¹	450	—	340	320	300	—	—	—	
	750	238	—	190	—	—	—	—	—	—				
	750 ¹	320	—	210	—	—	—	—	—	—	—			
	Закалка	1160–1180, 2–8 ч	Воздух	Прутки;	500	670– 680	—	—	—	—	—	—	—	
	Старение	775+5, 16 ч	Воздух	90	поковка	600	560– 570	—	—	—	—	—	—	—
					490– 500	—	—	—	—	—	—	—	450	—
400– 420					—	—	—	—	—	—	—	400	—	
300– 320					—	—	—	—	—	—	—	—	—	
170– 180					—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—					—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Закалка	1120, 3 ч	Масло	Прутки;	600	600– 630									
Старение	775, 16 ч	С печью до 620–650°C, 10–16 ч, далее воздух	90	поковка	650	490– 500						490–500		
				700	400– 420						400–420			
				750	300– 320									
Закалка	900–1000, 3 ч	Масло	Прутки;	500	900							900		
Старение	630–580, 16 ч	Воздух	90	поковка	550	700							700	
				600	600								600	

¹ Средние значения пределов длительной прочности.

Технологические характеристики [1]

Ковка		Охлаждение поковок, изготовленных			
Вид полуфабриката	Температурный интервал ковки, °C	из слитков		из заготовок	
		Размер сечения, мм	Условия охлаждения	Размер сечения, мм	Условия охлаждения
Слиток	1050–850	До 100	Спокойный воздух	До 100	Спокойный воздух
Заготовка	1050–850				
Свариваемость		Обрабатываемость резанием		Флокеночувствительность	
Удовлетворительно сваривается. Способ сварки: РАД		Сталь обрабатывается удовлетворительно		Не чувствительна	
				Склонность к отпускной хрупкости	
				—	