

Марка стали	Вид поставки										
18X11МНФБ (2X11МФБН, ЭП 291)	Сталь сортовая — ГОСТ 5949–75. Поковки и полосы — ГОСТ 18968–73. Прутки фасонные — ГОСТ 19442–74. Крепежные детали — ГОСТ 20700–75. Заготовки лопаток — ОСТ 108.020.03–82.										

Массовая доля элементов, %, по ГОСТ 5632–72

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Nb	Al	Cu
0,15–0,21	≤ 0,60	0,60–1,00	≤ 0,025	≤ 0,030	10,0–11,5	0,50–1,00	0,80–1,10	0,20–0,40	0,20–0,45	—	≤ 0,30

Механические свойства при комнатной температуре

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 5949–75	Отжиг или отпуск	ПС		До 200	—	—	—	—	—	—	≤ 255
	Закалка	1080–1130	Воздух или масло	До 200	590–735	740	15	50	59	—	—
	Отпуск	660–770	Воздух								

В соответствии с заказом потребителя сталь изготавливают:

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

Примечание.

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

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 18968–73	Закалка	1080–1130	Воздух или масло	До 60	590–735	740	15	50	59	—	229–269
	Отпуск	660–770	Воздух	От 61 до 100	590–735	740	14	45	58	—	229–269

Для прутков и полос в отожженном состоянии из стали число твердости должно быть не более 229 HB.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²	HB	КП
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 20700–75	Отжиг	700–750	С печью до 300°C, далее на воздухе	До 200	—	—	—	—	—	≤ 229	—
	Закалка	1080–1100	Масло	До 200	Болты, шпильки, пробки и хомуты						
					667–784	784	15	45	59	241–285	665
	Отпуск	700–740	Воздух		Гайки						
					—	—	—	—	—	197–229	—

Примечания.

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

18X11МНФБ (2Х11МФБН, ЭП 291)

Механические свойства

Механические свойства прутков при испытаниях цилиндрических образцов

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ	КП
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 19442– 74	Закалка	1080–1130	Воздух или масло	До 60	588–735	735	15	50	59	229–255	590
	Отпуск	660–770	Воздух								

Примечания.

1. Нормы распространяются на прутки с наибольшей толщиной до 60 мм. При толщине прутков более 60 мм допускается понижение относительного удлинения (δ) на 1% и относительного сужения (ψ) на 5% по сравнению с указанными в таблице, а также ударной вязкости на 4,9 Дж/см² при норме менее 78,4 Дж/см² и на 9,8 Дж/см² при норме 78,4 Дж/см² и более.

2. Нормы на ударную вязкость распространяются только на фасонные прутки для лопаток с наибольшей толщиной профиля 12 мм и более.

3. Нормы на твердость распространяются на все фасонные прутки для лопаток и на прутки для связи лопаток и на прутки для связи лопаток с наибольшей шириной (диаметром) более 10 мм.

Механические свойства при испытании фасонных прутков для лопаток и прутков для связи лопаток

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ	КП
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ГОСТ 19442– 74	Закалка	1080–1130	Воздух или масло	До 60	—	735–931	15	—	—	229–255	590
	Отпуск	660–670	Воздух								

Примечания.

1. Для прутков толщиной более 60 мм допускается снижение относительного удлинения на 1%.

2. При испытаниях образцов с расчетной длиной 100 мм и прутков с $\ell_0 = 11,3 \cdot \sqrt{F_0}$ (где F_0 — фактическое сечение профиля) допускается понижение относительного удлинения при норме 16% и более на 4%, при норме 13–15% на 2%.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	HRC	НВ
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда								
ОСТ 108.020. 03–82	Закалка	1090	Масло	Замок до 60	568	755	14	50	59	—	229– 269
	Отпуск	740	Воздух								
	Закалка	1100	Масло	Замок до 60	617	764	14	45	49	—	235– 277
	Отпуск	730	Воздух								
	Закалка	1090	Масло	Замок свыше 60	568	755	13	45	59	—	229– 269
	Отпуск	740	Воздух								
Закалка	1100	Масло	Замок свыше 60	617	764	13	40	49	—	235– 277	
Отпуск	730	Воздух									

Назначение. Крепеж, турбинные лопатки, диски, цельнокованные роторы, детали клапанов, работающие при температуре до 580°C.

Сталь жаропрочная мартенситно-ферритного класса, обладает высокой деформационной способностью и коррозионной стойкостью.

Сталь может выплавляться с применением ЭШП и ВДП.

18Х11МНФБ (2Х11МФБН, ЭП 291)
Механические свойства в зависимости от температуры испытания

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °С	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда									не менее или в пределах				
[1, 5]	Нормализация	1100–1140	Воздух	Продольные образцы	20	559	745	16–29	61–66	110–190	223–229					
	Отпуск	750, 10 ч	Воздух		400	520	608	18	74	—	—					
					500	461	490	20	81	—	—					
					550	422	431	17	85	—	—					
600	353	372	19	87	—	—										

Пределы длительной прочности и ползучести

НД	Режим термообработки			t, °С	Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч	Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда			
[5]	ПС			535	200	140
				550	170	120
				600	80	70

Механические свойства стали при 20°С после старения

НД	Режим термообработки			Режим старения		$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ					
	Операция	t, °С	Охлаждающая среда	t, °С	τ , ч							не менее				
												Образцы продольные				
[5]	Нормализация	1040	Воздух	700	2	810	1000	14	55	650	293					
					5	770	950	15	55	850	286					
					10	710	880	14	55	850	255					
					750	10	580	800	12	60	500	241				
	Нормализация	1100–1400	Воздух	725	2	680	870	12	57	1000	255					
					5	650	840	14	60	1100	248					
					10	600	810	16	60	1300	241					
					750	2	660	860	12	57	1300	255				
					750	5	570	770	16	60	1600	235				
					750	10	520	730	16	61	1100	228				

Технологические характеристики [1, 6]

Ковка		Охлаждение поковок, изготовленных			
Вид полуфабриката	Температурный интервал ковки, °С	из слитков		из заготовок	
		Размер сечения, мм	Условия охлаждения	Размер сечения, мм	Условия охлаждения
Слиток	1200–800	До 180	В колодце	До 180	В колодце
Заготовка	1180–800				

Свариваемость

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

Обработываемость резанием

В закаленном и отпущенном состоянии при 269 НВ и $\sigma_b = 770$ Н/мм²
 $K_v = 0,95$ (твердый сплав),
 $K_v = 0,45$ (быстрорежущая сталь)