

Марка сплава	Вид поставки
ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД	Крепежные детали — ГОСТ 20700–75, ГОСТ 23304–78. Прутки, полосы — ТУ 14–1–272–72. Листы — ТУ 14–1–1528–76. Арматура трубопроводов АЭС — ТУ 26–07–1165–77, ТУ 108.11.853–87.

Массовая доля элементов, %												НД
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Fe	W	Ti	Cu	Al	
≤ 0,12	≤ 0,60	1,00–2,00	≤ 0,020	≤ 0,030	14,0–16,0	34,0–38,0	остальное	2,80–3,50	1,10–1,50	≤ 0,30	—	ГОСТ 5632–72
≤ 0,12	≤ 0,60	1,00–2,00	≤ 0,020	≤ 0,030	14,0–16,0	34,0–38,0	остальное	2,80–3,50	1,10–1,50	≤ 0,30	≤ 0,50	ТУ 14–1–272–72

Механические свойства при комнатной температуре											
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	$\sigma_{в}$, Н/мм ²	δ , %	ψ , %	ККУ, Дж/см ²	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ГОСТ 20700–75	Аустенитизация	1080–1100, 1–1,5 ч	Вода	Не ограничивается	392	735	15	25	59	—	≥ 187
		700, 10–50 ч	Воздух								

Примечания.

1. Указанный режим отпуска рекомендуется уточнять по температуре и длительности применительно к размерам сечения заготовок.
2. Температура отпуска заготовок для гаек должна быть выше температуры отпуска заготовок для болтов, шпилек примерно на 30°C.
3. Допускается выполнение комплектов «шпилька–гайка», «болт–гайка» из различных марок стали. При этом твердость гаек должна быть не менее чем на 12 единиц по Бринеллю (НВ) ниже твердости шпильки, болта.
4. Предельная температура среды для болтов, шпилек, пробок, хомутов и гаек до 650°C при условном давлении P_y (Н/мм²) не ограниченном.
5. Для крепежных деталей паровых и водогрейных котлов, кроме котлов с электрическим обогревом и котлов, предназначенных для транспортных установок, относительное удлинение при разрыве на продольных образцах должно быть свыше $10^4/\sigma_{в}$ (Н/мм²), но не менее 12%; отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении на образце и температуре 20°C не должно превышать 0,85; минимальные значения ударной вязкости на продольных образцах для образца типа I по ГОСТ 9454–78 — не менее 49 Дж/см² для диаметра (толщины) заготовки до 100 мм. При выполнении этих норм по относительному удлинению и ударной вязкости допускается применение сталей с отношением предела текучести к пределу прочности (по образцу) свыше 0,85.
6. Продолжительность старения сплава ХН35ВТ (ЭИ 612) определяется содержанием Ti в сплаве. При содержании Ti на нижнем пределе 1,1–1,2% заготовок диаметром (толщиной) до 100 мм продолжительность старения 10–50 ч, свыше 100 мм — не менее 50 ч, при большем содержании Ti продолжительность старения 10–50 ч.

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

Пределы длительной прочности и ползучести									
НД	Режим термообработки			t, °C	Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 ³	1·10 ⁴	1·10 ⁵	1/10 ⁴	1/10 ⁵
ГОСТ 20700–75	Аустенитизация	1080–1100, 1–1,5 ч	Вода	500	—	441	353	—	—
				525	—	392	323	—	—
				550–565	—	382	314	—	—
				580	—	—	—	—	180
	Старение 2-ступенчатое	850–900, 10 ч	Воздух	580–600	—	255–304	206–255	—	—
				600	—	—	—	—	130–140
				650	—	196	157	—	—
				700	—	137	98	—	—

Релаксационная стойкость													
НД	Режим термообработки			t, °C	σ_0 , Н/мм ²	Остаточное напряжение σ_r , Н/мм ² , за время t, ч						НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			100	500	1000	3000	5000	8000		10000
ГОСТ 20700–75	Аустенитизация	1080–1100, 1–1,5 ч	Вода	500	441	343	337	336	332	320	—	318	≥ 207
				600	147	136	135	134	133	132	132	128	
				600	196	179	177	176	173	170	168	167	
				600	245	219	215	213	209	205	200	196	
				600	294	248	244	241	234	229	223	221	
	Старение 2-ступенчатое	850–900, 10 ч	Воздух	600	294	248	244	241	234	229	223	221	
				650	147	129	128	126	119	116	113	110	
				650	196	172	165	161	153	146	140	139	
				650	245	206	201	195	181	177	163	157	
				650	441	245	237	228	199	186	171	162	

ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ–ВД
Механические свойства

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²	НВ	КП
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			не менее или в пределах						
ГОСТ 23304–78	Аустенитизация	1080–1100	Вода	Не ограничивается	20	Болты, шпильки, гайки, плоские подкладные шайбы, выпуклые и вогнутые сферические шайбы						
						Воздух ²	392–588 ³	735	15	25	59	≥ 207

¹ При массовой доле титана в сплаве на нижнем пределе продолжительность старения составляет 50–100 ч.

² Крупные поковки охлаждаются с печью до 200–300°C.

³ Допускается применение сплава без ограничения верхнего значения $\sigma_{0,2}$ для крепежных изделий, не находящихся в непосредственном контакте с коррозионно-активной средой.

Примечания.

1. При определении механических свойств заготовок гаек и шайб на тангенциальных образцах допускается снижение механических свойств относительно норм, указанных в таблице для $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , ψ , KCU соответственно на 5, 5, 25, 20, 25%.

2. Для крепежных деталей групп качества 0, 0a и 1 производить дополнительно определение ударной вязкости KCV на образцах типа 11 по ГОСТ 9454–78.

3. На резьбовые детали, которые по условиям работы соответствуют болтам, шпилькам или гайкам (футурки, резьбовые втулки и т.д.), распространяются технические требования, предъявляемые к перечисленным деталям.

4. В процессе изготовления крепежных деталей поверхности, окончательно подготовленные для нанесения резьбы, должны быть подвергнуты контролю магнитным методом или цветной дефектоскопией на отсутствие трещин.

Внутренние поверхности гаек контролируют магнитопорошковой или цветной дефектоскопией при диаметре 110 мм и более.

Для болтов и шпилек групп качества 3 и 3a контролируют детали диаметром резьбы М24 и более.

5. Рекомендуется для шпилек и болтов применять сталь с КП 395; для гаек и плоских подкладных шайб — с КП 395; для сферических шайб выпуклых и вогнутых — с КП 395.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²	HRC	НВ		
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									не менее	
ТУ 14–1–272–72	Закалка	1080–1100, 1–1,5 ч	Вода	Прутки: горячекатаные $\phi 60–70^{+2,5}$, $\phi 75^{+3}$, кованные до 125, квадратного сечения 150_{-3}^{+7} , 200_{-5}^{+10}	390	740	15	35	69	—	—		
												Воздух	850–900, 10 ч

Примечания.

Термообработка производится в заготовках $\phi 20–25$ мм, а для прутков сечением менее 25 мм в полном сечении прутка.

Контроль ударной вязкости на крупных профилях производится от $\phi 16$ мм, на квадратных — от 12 мм и выше.

Продолжительность старения при 700°C определяется содержанием Ti в сплаве. При содержании Ti на нижнем пределе 1,1–1,2% продолжительность старения 50 ч, при большем содержании 25–40 ч.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²	HRC	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			не менее						
ТУ 26–07–1165–77	Термообработка в соответствии с ГОСТ 23304–78			Наибольшее сечение 60 ⁴	20	392	735	15	35	59	—	—
					325	382	—	—	—	—	—	—

⁴ Если сечение превышает табличную величину, то допускается снижение механических свойств в соответствии с ОСТ 26–07–1419–76 и ГОСТ 8479–70.

ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД				Механические свойства								
НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	KCV, Дж/см ²	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
ТУ 108.11.853-87	ПС			До 200	20	392	735	15	25	59	—	≤ 207
					350	343	588	—	20	—	—	
				До 200 ⁵	20	392	735	15	25	59	—	≤ 207
					350	343	588	—	25	—	—	

⁵ Механические свойства марки сплава ХН35ВТ-ВД.

Примечания.

Значения механических свойств относятся к продольным образцам.

В случае испытания механических свойств на тангенциальных или радиальных образцах допускается снижение механических свойств от норм таблицы: при испытаниях на тангенциальных образцах σ_b и $\sigma_{0,2}$ — на 5% каждого; δ и KCV — на 25% каждого; ψ — на 20%; при испытаниях на радиальных образцах: σ_b и $\sigma_{0,2}$ — на 10% каждого; δ и ψ — на 35% каждого; KCV — на 40%.

Для деталей, работающих при температуре не более 100°C, испытание производится при температуре 20°C.

Для деталей, работающих при температуре более 100°C и не более 350°C, испытание производится при температуре 20°C и 350°C.

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	KCV, Дж/см ²	HRC	HB
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
ТУ 14-1-1528-76	Поставляются в нагартованном состоянии, выправленными, с обрезными кромками			Толщина от 1,5 до 3,0	Листы поставляются без определения механических свойств						

Назначение. Крепежные детали, ответственные детали, плоские пружины, лопатки газовых турбин, диски, роторы и другие детали, работающие при температуре до 650°C.

Максимальная допускаемая температура применения для деталей АЭС 600°C (ПНАЭГ-7-008-89).

Сплав жаропрочный. [Группа III].

Сплав может выплавляться с применением ВДП.

НД	Предел выносливости, Н/мм ²				Термообработка	Ударная вязкость, KCU, Дж/см ² , при t, °C [1]						Термообработка
	σ_{-1}	τ_{-1}	N	t, °C		+20	0	-20	-40	-60	-80	
[1]	333	—	10 ⁷	500	Закалка с 1080-1100°C, 1 ч, вода. Старение: 850°C, 10 ч; 700°C, 25-50 ч	69-108	117-147	118-176	127-137	127-157	118-147	Диск диаметром 1000 мм, высотой 275 мм. Закалка 1090°C, 1,5 ч, вода. Старение: 850°C, 10 ч; 700°C, 20 ч; 600°C, 30 ч. 207-228 HB. Образцы тангенциальные
	314	—	10 ⁷	600								
	225-265	—	10 ⁷	650								
[3]	300	—	10 ⁷	650	Аустенитизация 1180°C, 1ч, вода. Старение 2-ступенчатое: 780°C, 8-10 ч, воздух; 730°C, 25 ч, воздух	69-108	117-147	118-176	127-137	127-157	118-147	Диск диаметром 1000 мм, высотой 275 мм. Закалка 1090°C, 1,5 ч, вода. Старение: 850°C, 10 ч; 700°C, 20 ч; 600°C, 30 ч. 207-228 HB. Образцы тангенциальные
	230	—	10 ⁶	650								

t, °C	$\sigma_{стат}$, Н/мм ²	Предел выносливости, σ_{-1} , Н/мм ² , при симметричном и ассиметричном циклах нагружения N [5]					
		10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁹
500	—	—	—	—	340	200	—
600	—	—	—	—	320	—	—
650	—	305	290	280	123-275 ¹	200	>220
650	70	290	240	215	200	—	—
650	150	250	170	145	130	—	110
650	225	225	200	170	145	—	120
650	300	230	185	140	90	—	—
Тип образца		Гладкий	Гладкий	Гладкий	Гладкий	С надрезом	Гладкий

¹ В зависимости от частоты нагружения и величины зерна.

В среде воздух + 5% SO₂ предел выносливости снижается на 5-14%.

Относительное удлинение образцов после длительных испытаний [5]		
t, °C	τ , ч	δ , %
550-560	10000	3
600	15000	1
630	10000	2
650	10000	8
700	5000	12

ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД

Механические свойства при различных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ							
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда															
[3]	Аустенитизация	1080–1100, 1–1,5 ч	Вода	Прутки, образцы продольные	20	500	850	18	40	60	—							
	Старение 2-ступенчатое	850, 10 ч 700, 25–50 ч	Воздух Воздух															
	Аустенитизация	1180, 1 ч	Вода									20	440	800	18	30	80	—
	Старение 2-ступенчатое	780, 8–10 ч 730, 25 ч	Воздух Воздух									200	440	740	20	37	140	—
												300	440	730	16	30	90	—
												400	440	710	19	35	100	—
												500	420	680	15	23	90	—
												550	420	680	17	37	130	—
												600	400	640	15	30	65	—
												630	390	630	21	27	100	—
650				370	510	10	15	100	—									
700	370	460	9	11	100	—												

Механические свойства при различных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ				
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда												
[1]	Аустенитизация	1090, 1 ч	Вода	Сортовой прокат,	20	431–617	784–853	18–30	30–55	78–176	—				
					500	412–470	666–745	15–23	23–53	88–167	—				
					550	412–500	666–774	17–23	37–53	127–157	—				
					600	392–500	627–715	15–25	30–48	64–137	—				
					650	362–529	500–686	10–23	15–38	98–176	—				
	Старение 2-ступенчатое	700, 25–40 ч	Охлаждение с печью	образцы продольные	700	362–441	451–490	9–31	11–48	98–157	—				
					Аустенитизация	1090, 1 ч	Вода	Поковки диска ø 450–1000	–100	—	—	—	—	137–167	—
									–60	—	—	—	—	127–157	—
									–40	—	—	—	—	127–137	—
									–20	—	—	—	—	118–176	—
0	—	—	—	—					118–147	—					
20	392–637	706–980	13–31	14–50					39–167	—					
600	372–529	529–784	10–21	15–42					44–118	—					
650	353–519	490–715	8–19	14–37					39–127	—					
700	353–480	490–588	6–10	9–19					49–118	—					

Механические свойства при различных температурах

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда									
[5]	Аустенитизация Старение	1080–1130 850–900, 10 ч 700, 25–50 ч	Вода Воздух Воздух	Поковки ø 450–1000 высота 180–275 Слиток 2–9 т	20 400 500 600 650 700 750 800 900	Образцы тангенциальные						
						400	720	13	14	40	—	
						380	660	16	22	50	—	
						380	660	12	24	50	—	
						380	540	10	15	45	—	
						360	500	8	14	40	—	
						360	500	6	9	50	—	
						320	370	5	7	100	—	
						140	200	9	16	90	—	
						125	145	23	38	—	—	
						Образцы радиальные						
						20	400	710	10	15	40	—
						650	390	550	6	6	35	—
						700	360	480	7	13	50	—
						Образцы осевые						
						20	400	650	7	7	35	—
						600	380	540	7	6	54	—
						650	370	520	5	9	25	—
700	340	460	6	5	35	—						

Состав сплава: 0,06–0,12% С; 14,07–15,90% Cr; 34,58–36,69% Ni; 2,83–3,50% W; 1,05–1,54% Ti.

ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД	
----------------------------	--

Пределы длительной прочности и ползучести

НД	Режим термообработки			t, °C	Длительная прочность, Н/мм ² , за время испытания, ч			Ползучесть, Н/мм ² , при скорости деформации, %/ч	
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		1·10 ³	1·10 ⁴	1·10 ⁵	1/10 ⁴	1/10 ⁵
[3]	Аустенизация	1180, 1 ч	Вода	500	—	450	360	—	—
				525	—	400	330	—	—
				550	—	390	320	—	—
	Старение 2-ступенчатое	780, 8–10 ч 730, 25 ч	Воздух Воздух	600	320	260	210	—	180
				630	250	210	180	—	150
				650	220	200	160	170	130
				700	—	140	100	110	80

Сплав не чувствителен к надрезу.

В условиях длительных испытаний имеет хорошую пластичность при разрыве, которая после 10000 ч испытаний составляет 5% при 650°C и 1–1,5% при 600°C.

Допускается рабочая деформация для сплава 0,5–1,0%.

Сплав жаростоек при температурах до 800°C при длительной эксплуатации.

Релаксационная стойкость

НД	Режим термообработки			t, °C	σ ₀ , Н/мм ²	Остаточное напряжение σ _т , Н/мм ² , за время τ, ч							НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда			100	500	1000	3000	5000	8000	10000	
[3]	Аустенизация	1180, 1 ч	Вода	525	350	308	308	306	304	304	—	302	—
				525	300	270	270	269	268	268	—	268	—
				560	300	240	239	238	237	236	—	233	—
				560	250	228	226	224	222	221	—	218	—
				560	200	178	177	175	174	174	—	172	—
				600	250	223	219	217	213	209	—	200	—
	Старение 2-ступенчатое	780, 8–10 ч 730, 25 ч	Воздух Воздух	600	200	182	180	179	176	173	—	170	—
				600	150	139	138	137	136	135	—	130	—
				650	250	210	205	199	184	180	—	160	—
				650	200	175	168	164	156	149	—	140	—
				650	150	132	130	121	121	118	—	112	—
				680	200	152	139	124	109	100	—	78	—
				680	150	120	115	109	101	90	—	71	—

Механические свойства сплава при 20°C после длительного старения (образцы продольные)

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	Режим старения		σ _{0,2} , Н/мм ²	σ _в , Н/мм ²	δ, %	ψ, %	ККУ, Дж/см ²	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда		t, °C	τ, ч						
					не менее							
[5]	ПС			Прутки. Поковки дисков тангенциальные	Исходное состояние		460	760	15	15	40	—
					550	10000	570	910	21	21	50	—
					550	25000	560	890	17	17	50	—
					600	10000	530	880	15	19	30	—
					600	30000	470	810	19	23	45	—
					650	10000	480	800	18	22	50	—
					650	30000	400	800	17	18	40	—
					650	6000	370	770	23	23	40	—
					650	100000	320	570	16	30	60	—
					700	3000	430	770	12	11	40	—
					700	10000	350	700	16	20	40	—
					700	30000	330	700	22	28	75	—
					700	60000	310	670	24	34	55	—
					750	100	260	670	24	36	70	—
					750	3000	260	650	24	39	90	—
750	20000	250	600	27	41	95	—					
800	100	250	580	28	47	90	—					
800	1000	230	570	31	48	110	—					

ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД
Механические свойства при различных температурах после длительного старения (образцы продольные)

НД	Режим термообработки			Сечение, мм	t, °C	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КCU, Дж/см ²	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда								
[5]	Термическая обработка рекомендованная			Прутки	20	500	850	18	40	60	—
	Старение	1180, 1 ч	Вода		20	40	800	18	30	80	—
		780, 8–10 ч			200	440	740	20	37	140	—
		730, 25 ч			300	440	730	16	30	90	—
					400	440	710	19	35	10	—
					500	420	680	15	23	90	—
					550	420	680	17	37	130	—
					600	400	640	15	30	650	—
					630	390	630	21	17	100	—
	650	370	510	10	15	100	—				
	700	370	460	9	11	100	—				

Механические свойства сплава при температуре 20°C после испытания на ползучесть (сортовые заготовки, поковки)

НД	Режим термообработки			Ползучесть			$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КCU, Дж/см ²	НВ
	Операция	t, °C	Охлаждающая среда	t, °C	σ , Н/мм ²	τ , ч						
[5]	ПС			Исходное состояние			500	830	15	20	—	—
				600	200	28000	580	910	26	41	—	—
				650	110	10000–65000	490	870	20	22	87	—
				700	80	25000	460	850	25	41	110	—

Коэффициент чувствительности к надрезу за 10⁴ ч [1]

1,1–1,2 (при 650°C)

Жаростойкость

1,1–1,2 (при 650°C)			НД	Среда	t, °C	Скорость коррозии, мм/год	База испытаний, ч
Чувствительность к охрупчиванию при старении [1]			[1]	Воздух	650	0,014	600
				Перегретый пар	650	0,020	600
Время, ч	t, °C	КCU, Дж/см ²	[5]	Воздух	650	0,005	125000
Исходное состояние				Воздух	750	0,012	125000
25000	550	50–130		3,2% CO ₂ + 17,55% O ₂ + 75,72% N ₂ + 3,5% H ₂ O + 0,03% SO ₂	670–680 ¹	0,0032	125000
				Воздух + 0,03% SO ₂ + 4,5% CO ₂ + 6% H ₂ O	750	0,038	125000
30000	600	45–115		По испытаниям в газотурбинной установке, работающей на дизельном топливе марки Л.			
100000	650	60–80	НД	Среда	t, °C	Глубина окисления, мм/год	Группа стойкости
			[4]	Воздух	800	0,038	4
					750	0,012	4
				650	0,005	3	

Коррозионная стойкость [1]

Вид коррозии	Среда	t, °C	Длительность, ч	Балл стойкости
Общая	Вода деминерализованная	320	3000	1
Точечная	Вода деминерализованная	320	3000	Не подвержена
Коррозионное растрескивание	Вода, содержащая 200 мг/кг Cl ⁻ и 0,3–6,0 мг/кг O ₂	320	3000	Трещин нет при $\sigma > \sigma_{0,2}$
Межкристаллитная	Не определяется			

Технологические характеристики [1, 2]

Ковка		Охлаждение поковок, изготовленных			
Вид полуфабриката	Температурный интервал ковки, °C	из слитков		из заготовок	
		Размер сечения, мм	Условия охлаждения	Размер сечения, мм	Условия охлаждения
Слиток	1170–850	До 250	На воздухе	До 300	На воздухе
Заготовка	1170–850				

Свариваемость

Трудно свариваемый.
Способы сварки: РД, РАД и КТ.
Для снятия сварочных напряжений рекомендуется последующая термообработка

Обработываемость резанием

В термообработанном состоянии при 217 НВ и $\sigma_b = 750$ Н/мм²
K_v = 0,7 (твердый сплав),
K_v = 0,45 (быстрорежущая сталь)