

	НАКС (диаметры)	Газпром	Транснефть	ABS	BV	DNV	GL	LR	RS			
OK Autrod 13.36												
OK Autrod 12.24	3.0; 4.0; 5.0											
Типичные свойства наплавленного металла после сварки (без ТО):												
Марка проволоки	Химический состав							Механические свойства				
	C	Si	Mn	Ni	Mo	Cr	Cu	σ_r [МПа]	σ_b [МПа]	δ [%]	T [°C]	KCV [Дж/см ²]
OK Autrod 13.36	0,07	0,90	1,40	0,70		0,30	0,50	600	690	27	+20	100
											0	63
											-20	50
OK Autrod 12.24	0,07	0,80	1,50		0,50			640	715	23	+20	100
											0	50

3. Материалы низколегированные и легированные для сварки хромо-молибденовых теплоустойчивых сталей.

3.1. Электроды для сварки хромо-молибденовых теплоустойчивых сталей.

Классификации наплавленного металла в соответствии со стандартом:

- ГОСТ 9467-75

Э - **1**

Э – электрод

1 – индекс, определяющий химический состав и механические свойства наплавленного металла

Химического состава наплавленного металла

Тип электрода	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Nb	S	P
									не более	
Э-09М	0,06- 0,12	0,15- 0,35	0,40- 0,90			0,35- 0,65			0,030	0,030
Э-09МХ	0,06- 0,12	0,15- 0,35	0,40- 0,90	0,35- 0,65		0,35- 0,65			0,025	0,035
Э-09Х1М	0,06- 0,12	0,15- 0,40	0,50- 0,90	0,80- 1,20		0,40- 0,70			0,025	0,035
Э-05Х2М	0,03- 0,08	0,15- 0,45	0,50- 1,00	1,70- 2,20		0,40- 0,70			0,020	0,030
Э-09Х2М1	0,06- 0,12	0,15- 0,45	0,50- 1,00	1,90- 2,50		0,80- 1,10			0,025	0,035
Э-09Х1МФ	0,06- 0,12	0,15- 0,40	0,50- 0,90	0,80- 1,25		0,40- 0,70	0,10- 0,30		0,030	0,035
Э-10Х1М1НФБ	0,07- 0,12	0,15- 0,40	0,60- 0,90	1,00- 1,40	0,60- 0,90	0,70- 1,00	0,15- 0,35	0,07- 0,20	0,025	0,030
Э-10Х3М1БФ	0,07- 0,12	0,15- 0,45	0,50- 0,90	2,40- 3,00		0,70- 1,00	0,25- 0,50	0,35- 0,60	0,025	0,030
Э-10Х5МФ	0,07- 0,13	0,15- 0,45	0,50- 0,90	4,00- 5,50		0,35- 0,65	0,10- 0,35		0,025	0,035

Механические свойства наплавленного металла после соответствующей ТО при 20°С (не менее)

Тип электрода	Предел прочности σ_b , кгс/мм ² (МПа)	Относительное удлинение δ_5 , %	Ударная вязкость КСУ, кг-м/см ² (Дж/см ²)
Э-09М	45 (441)	18	10 (98)
Э-09МХ	46 (451)	18	9 (88)
Э-09Х1М	48 (470)	18	9 (88)
Э-05Х2М	48 (470)	18	9 (88)
Э-09Х2М1	50 (490)	16	8 (78)
Э-09Х1МФ	50 (490)	16	8 (78)
Э-09Х1М1НФБ	50 (490)	15	7 (69)
Э-10Х3М1БФ	55 (539)	14	6 (59)
Э-10Х5МФ	55 (539)	14	6 (59)

• ISO 3580:2010, а также идентичному ему EN ISO 3580:2011

ISO 3580-A	:	E	1	2	3	4	H	5
факультативно								

ISO 3580-A – стандарт, согласно которому производится классификация

E – электрод покрытый для ручной дуговой сварки

1 – индекс, определяющий химический состав наплавленного металла согласно таб.1 стандарта ISO 3580

2 – индекс, определяющий тип покрытия электрода согласно п.4.4A стандарта ISO 3580

Индекс	Вид покрытия
R	Рутиловое
B	Основной

3 – индекс, определяющий коэффициент наплавки электрода (отношение веса наплавленного металла к весу израсходованного стержня), род и полярность применяемого тока согласно таб.4A стандарта ISO 3580

Индекс	Коэффициент наплавки K_c , %	Род тока и полярность
1	$K_c \leq 105$	переменный, постоянный - обратная (+)
2		постоянный
3	$105 < K_c \leq 125$	переменный, постоянный - обратная (+)
4		постоянный
5	$125 < K_c \leq 160$	переменный, постоянный - обратная (+)
6		постоянный
7	$K_c > 160$	переменный, постоянный - обратная (+)
8		постоянный

4 – индекс, определяющий пространственные положения сварки, для которых предназначен электрод согласно таб.5A стандарта ISO 3580

Индекс	Положение швов при сварке
1	Все (PA, PB, PC, PE, PF, PG)
2	Все, кроме вертикального сверху вниз (PA, PB, PC, PE, PF)
3	Нижние стыковые швы, нижние в лодочку и в угол (PA, PB)
4	Нижнее (стыковые и валиковые швы) (PA)
5	Нижние стыковые швы, нижние в лодочку и в угол, вертикальный сверху вниз (PA, PB, PG)

H – диффузионно свободный водород

5 – индекс, определяющий содержание диффузионного водорода в 100 г наплавленного металла согласно таб.6 стандарта ISO 3580.

Индекс	мл водорода на 100 г металла
5	$\leq 5,0$
10	$\leq 10,0$
15	$\leq 15,0$

• SFA/AWS A5.5/A5.5M:2006

AWS A5.5	:	E	1	2	M	-	3	H	4	5
обязательно наличие одного из символов							факультативно			

Классификацию см. в разделе 2.1. «Электроды для сварки низколегированных конструкционных сталей повышенной прочности и высокопрочных сталей» на стр. XX

Марка, тип покрытия, описание	Классификации и одобрения	Типичные характеристики наплавленного металла	
		Химический состав, %	Механические свойства
OK 74.46 Тип покрытия – основное Электрод, обеспечивающий в наплавке сталь легированную 0,5% Mo, предназначенный в основном для сварки сосудов работающих под давлением и бойлеров из теплоустойчивых сталей марок 15M, T/P1, 16Mo3, W.No 1.5415, 8 MoB 5-4 и им аналогичных с максимальной	EN ISO 3580-A: E Mo B 3 2 H5 AWS A5.5: E7018-A1	C 0,06 Mn 0,70 Si 0,40 Mo 0,50 P max 0,020 S max 0,020	После термообработки 570-620°C, 1 час σ_T 460 МПа σ_B 560 МПа δ 27% KCV:

<p>температурой эксплуатации до 460°C. Покрытие характеризуется повышенной влажостойкостью, а наплавленный металл предельно низким содержанием диффузионно свободного водорода. Состав обмазки позволяет выполнять сварку на предельно малых токах, что очень актуально для сварки труб небольшого диаметра.</p> <p>Ток: ~ / = (+ / -)</p> <p>Пространственные положения при сварке: 1, 2, 3, 4, 6</p> <p>Напряжение холостого хода: 65В</p> <p>Режимы прокали: 330-370°C, 2 часа</p>			219 Дж/см ² при +20°C
<p>ЦЛ-38</p> <p>Тип покрытия – основное</p> <p>Электрод, предназначенный для выполнения корневых проходов при сварке оборудования и трубопроводов атомных электростанций, а также других видов оборудования энергетического машиностроения (котлы, сосуды и др.) из легированных теплоустойчивых хромо-молибденовых сталей с максимальной температурой эксплуатации до 540°C. Толщины до 6 мм допускается сваривать без предварительного подогрева. Сварку выполняют на короткой дуге. Электроды выпускаются только диаметром 2,5 мм.</p> <p>Ток: = (+)</p> <p>Пространственные положения при сварке: 1, 2, 3, 4, 6</p> <p>Режимы прокали: 360-400°C, 2-2,5 часа</p>	ГОСТ 9467: Э-09Х1М	C 0,09 Mn 0,60	<p>После термообработки 695-725°C, 4 часа</p> <p>$\sigma_{\tau} \geq 470$ МПа</p> <p>$\delta \geq 18\%$</p> <p>KCU: ≥ 88 Дж/см² при +20°C</p>
	ГосАтомНадзор	Si 0,30 Cr 0,90 Mo 0,55 P max 0,035 S max 0,030	

Марка, тип покрытия, описание	Классификации и одобрения	Типичные характеристики наплавленного металла	
		Химический состав, %	Механические свойства
<p>ЦУ-2ХМ</p> <p>Тип покрытия – основное</p> <p>Электрод аналогичный ЦЛ-38, но предназначенный для выполнения заполняющих и облицовочных проходов при сварке оборудования и трубопроводов атомных электростанций, а также других видов оборудования энергетического машиностроения (котлы, сосуды и др.) из легированных теплоустойчивых хромомолибденовых сталей с максимальной температурой эксплуатации до 540°C. При сварке сталей марок 15ХМ, 20ХМ, 20ХМЛ требуется предварительный подогрев 150-200°C, в зависимости от толщины изделия.</p> <p>Ток: = (+)</p> <p>Пространственные положения при сварке: 1, 2, 3, 4, 6</p> <p>Режимы прокали: 360-400°C, 2-2,5 часа</p>	ГОСТ 9467: Э-09Х1М	C 0,09 Mn 0,70	<p>После термообработки 695-725°C, 4 часа</p> <p>$\sigma_{\tau} \geq 470$ МПа</p> <p>$\delta \geq 18\%$</p> <p>KCU: ≥ 88 Дж/см² при +20°C</p>
	<p>НАКС: Ø 3.0; 4.0; 5.0 мм</p> <p>ГосАтомНадзор</p>	Si 0,30 Cr 1,00 Mo 0,55 P max 0,035 S max 0,025	
<p>ОК 76.18</p> <p>Тип покрытия – основное</p> <p>Электрод, предназначенный для сварки теплообменных панелей, толстостенных сосудов давления, ректификационных колонн, каталитических реакторов и т.п. из теплоустойчивых сталей типа 1,0...1,25%Cr-0,5%Mo (15ХМ, 20ХМ, 20ХМЛ, Т/Р11, Т/Р12, 13 CrMo 4-5, 10 CrMo 5-5, W.No 1.7335 и им аналогичных) с максимальной температурой эксплуатации до 545°C. Данные электроды можно также применять для сварки корневых проходов теплоустойчивых сталей типа 2,25%Cr-1,0%Mo.</p> <p>Ток: = (+)</p> <p>Пространственные положения при сварке: 1, 2, 3, 4, 6</p> <p>Режимы прокали: 330-370°C, 2 часа</p>	<p>EN ISO 3580-A: E CrMo1 B 4 2 H5</p> <p>AWS A5.5: E8018-B2</p>	C 0,07 Mn 0,60 Si 0,35 Cr 1,25 Mo 0,60	<p>После термообработки 660-700°C, 1 час</p> <p>$\sigma_{\tau} 520$ МПа</p> <p>$\sigma_{\delta} 610$ МПа</p> <p>$\delta 24\%$</p> <p>KCV: 150 Дж/см² при +20°C 100 Дж/см² при -20°C 63 Дж/см² при -40°C</p>
	<p>НАКС: Ø 2.5; 3.2; 4.0 мм</p> <p>ABS: Для изделий, эксплуатирующихся при высоких температурах</p> <p>BV: UP</p> <p>DNV: H10 для NV</p> <p>1Cr0.5Mo</p>	P max 0,015 S max 0,020	
<p>ОК 76.16</p> <p>Тип покрытия – основное</p> <p>Электрод близкий по своим характеристикам к ОК 76.18, но, благодаря более высокой чистоте наплавленного металла, предназначен для сварки особо ответственных изделий из теплоустойчивых сталей типа 1,25%Cr-0,5%Mo с максимальной температурой эксплуатации до 545°C, к которым предъявляются требования по стойкости к высокотемпературному охрупчиванию после ступенчатого охлаждения. Покрытие характеризуется повышенной влажостойкостью. В наплавленном металле гарантируется фактор Брускато (10P+5Sb+4Sn+As)/100 не более 15 ppm и предельно низкая концентрация диффузионно свободного водорода.</p> <p>Ток: = (+)</p> <p>Пространственные положения при сварке: 1, 2, 3, 4, 6</p> <p>Режимы прокали: 330-370°C, 2 часа</p>	<p>EN ISO 3580-A: E CrMo1 B 4 2 H5</p> <p>AWS A5.5: E8018-B2-H4R</p>	C 0,07 Mn 0,60 Si 0,35 Cr 1,25 Mo 0,55 P max 0,010 S max 0,012 X-фактор ≤ 15	<p>После термообработки 660-700°C, 1 час</p> <p>$\sigma_{\tau} 550$ МПа</p> <p>$\sigma_{\delta} 620$ МПа</p> <p>$\delta 22\%$</p> <p>KCV: ≥ 59 Дж/см² при +20°C 88 Дж/см² при -20°C</p>
<p>ЦЛ-39</p> <p>Тип покрытия – основное</p> <p>Электрод, предназначенный для выполнения корневых проходов при сварке оборудования и трубопроводов атомных электростанций, а также других видов оборудования энергетического машиностроения (котлы, сосуды и др.) из легированных теплоустойчивых хромо-молибден-</p>	ГОСТ 9467: Э-09Х1МФ	C 0,09 Mn 0,75 Si 0,30	<p>После термообработки 720-750°C, 5 часов</p> <p>$\sigma_{\tau} \geq 343$ МПа</p> <p>$\sigma_{\delta} \geq 490$ МПа</p> <p>$\delta \geq 16\%$</p> <p>KCU:</p>
	ГосАтомНадзор	Cr 1,00 Mo 0,55 V 0,20	

ванадиевых сталей марок 12Х1МФ, 14Х1ГМФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФЛ, W.No 1.7715, 15 CrMoV 5-10 и им аналогичных с максимальной температурой эксплуатации до 565°C. Электроды выпускаются только диаметром 2,5 мм. Ток: = (+) Пространственные положения при сварке: 1, 2, 3, 4, 6 Режимы прокали: 360-400°C, 2-2,5 часа		P max 0,030 S max 0,025	≥78 Дж/см ² при +20°C
ЦЛ-20 Тип покрытия – основное Электрод аналогичный ЦЛ-39, но предназначенный для выполнения заполняющих и облицовочных проходов при сварке оборудования и трубопроводов атомных электростанций, а также других видов оборудования энергетического машиностроения (котлы, сосуды и др.) из легированных теплоустойчивых хромо-молибден-ванадиевых сталей марок 12Х1МФ, 14Х1ГМФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФЛ и им аналогичных с максимальной температурой эксплуатации до 565°C. Ток: = (+) Пространственные положения при сварке: 1, 2, 3, 4, 6 Режимы прокали: 360-400°C, 2-2,5 часа	ГОСТ 9467: Э-09Х1МФ	C 0,09 Mn 0,75 Si 0,30 Cr 1,05 Mo 0,55 V 0,20 P max 0,030 S max 0,025	После термообработки 720-750°C, 5 часов $\sigma_T \geq 343$ МПа $\sigma_B \geq 490$ МПа $\delta \geq 16\%$ KCU: ≥78 Дж/см ² при +20°C
	НАКС: Ø 3.0; 4.0; 5.0 мм ГосАтомНадзор		

Марка, тип покрытия, описание	Классификации и одобрения	Типичные характеристики наплавленного металла	
		Химический состав, %	Механические свойства
ОК 76.28 Тип покрытия – основное Электрод, предназначенный для сварки пароперегревателей, реакторов, коксовых барабанов, печей, труб, колонн гидрокрекинга нефти и т.п. из высокопрочных теплоустойчивых сталей типа 2,25%Cr-1,0%Mo (10X2M, 10 CrMo 9-10, T/P22, W.No 1.7380 и им аналогичных) с максимальной температурой эксплуатации до 545°C. Ток: = (+) Пространственные положения при сварке: 1, 2, 3, 4, 6 Режимы прокали: 330-370°C, 2 часа	EN ISO 3580-A: E CrMo2 B 4 2 H5 AWS A5.5: E9018-B3 НАКС: Ø 2.5; 3.2 мм ABS: Для изделий, эксплуатирующихся при высоких температурах BV: C2M1	C 0,07 Mn 0,60 Si 0,30 Cr 2,25 Mo 1,00 P max 0,020 S max 0,020	После термообработки 690-750°C, 1 час $\sigma_T \geq 530$ МПа $\sigma_B \geq 620$ МПа $\delta \geq 18\%$ KCV: ≥59 Дж/см ² при +20°C
ОК 76.26 Тип покрытия – основное Электрод близкий по своим характеристикам к ОК 76.28, но, благодаря более высокой чистоте наплавленного металла, предназначен для сварки особо ответственных изделий из высокопрочных теплоустойчивых сталей типа 2,25%Cr-1,0%Mo с максимальной температурой эксплуатации до 545°C, к которым предъявляются требования по стойкости к высокотемпературному охрупчиванию после ступенчатого охлаждения. В наплавленном металле гарантируется фактор Брускато (10P+5Sb+4Sn+As)/100 не более 15 ppm и предельно низкая концентрация диффузионно свободного водорода. Ток: ~ / (+) Пространственные положения при сварке: 1, 2, 3, 4, 6 Напряжение холостого хода: 65В Режимы прокали: 330-370°C, 2 часа	EN ISO 3580-A: E CrMo2 B 3 2 H5 AWS A5.5: E9018-B3 НАКС: Ø 4.0; 5.0 мм	C 0,07 Mn 0,60 Si 0,35 Cr 2,25 Mo 1,00 P max 0,010 S max 0,010 X-фактор ≤15 Mn+Si ≤1,1	После термообработки 660-700°C, 1 час $\sigma_T \geq 650$ МПа $\sigma_B \geq 740$ МПа $\delta \geq 18\%$ KCV: ≥59 Дж/см ² при +20°C 75 Дж/см ² при -20°C
ОК 76.35 Тип покрытия – основное Электрод, предназначенный для сварки сосудов работающих под давлением в условиях сульфидной коррозии, футеровки реакторов, реакторных печей и т.п. из окалиностойких теплоустойчивых сталей типа 5,0%Cr-0,5%Mo (15X5M, T/P502, 12 CrMo 19-5, W.No 1.7362 и им аналогичных) с максимальной температурой эксплуатации до 550°C. Ток: = (+) Пространственные положения при сварке: 1, 2, 3, 4, 6 Режимы прокали: 330-370°C, 2 часа	EN ISO 3580-A: E CrMo5 B 4 2 H5 AWS A5.5: E8018-B6 НАКС: Ø 2.5; 3.2; 4.0 мм	C 0,07 Mn 0,80 Si 0,35 Cr 5,00 Mo 0,55 P max 0,015 S max 0,015	После термообработки 730-760°C, 1 час $\sigma_T \geq 460$ МПа $\sigma_B \geq 590$ МПа $\delta \geq 19\%$ KCV: ≥59 Дж/см ² при +20°C

<p>ОК 76.96 Тип покрытия – основное Электрод, предназначенный для сварки труб, реакторов, футеровок работающих при высоких температурах и сульфидной коррозии, печей и т.п. из теплоустойчивых сталей типа 9,0%Cr-1,0%Mo (Т/Р9, X12 CrMo 9-1, W.No 1.7386 и им аналогичных) с максимальной температурой эксплуатации до 585°С. Покрытие характеризуется повышенной влагонепроницаемостью, а наплавленный металл предельно низким содержанием диффузионно свободного водорода. Ток: = (+) Пространственные положения при сварке: 1, 2, 3, 4, 6 Режимы прокали: 330-370°С, 2 часа</p>	<p>EN ISO 3580-A: E (CrMo9) B 4 2 H5 AWS A5.5: E8015-B8</p>	<p>C 0,07 Mn 0,80 Si 0,40 Cr 9,00 Mo 1,00 P max 0,020 S max 0,020</p>	<p>После термообработки 725-755°С, 1 час $\sigma_T \geq 530$ МПа $\sigma_B \geq 620$ МПа $\delta \geq 19\%$</p>
<p>ОК 76.98 Тип покрытия – основное Электрод, предназначенный для сварки труб высокого давления, паровых коллекторов, пароперегревателей и т.п. из высокопрочных теплоустойчивых сталей типа 9,0%Cr-1,0%Mo, дополнительно легированных V, Ni и Nb (Т/Р91, X10 CrMoVNb 9-1, W.No 1.4903 и им аналогичных) с максимальной температурой эксплуатации до 585°С. Ток: = (+) Пространственные положения при сварке: 1, 2, 3, 4, 6 Режимы прокали: 330-370°С, 2 часа</p>	<p>EN ISO 3580-A: E CrMo91 B 4 2 H5 AWS A5.5: E9015-B9 (приблизительно) НАКС: Ø 2.5; 3.2 мм</p>	<p>C 0,10 Mn 0,70 Si 0,35 Cr 9,00 Mo 1,00 V 0,25 Ni 0,70 Nb 0,060 N 0,050 P max 0,015 S max 0,015</p>	<p>После термообработки 725-755°С, 1 час σ_T 650 МПа σ_B 760 МПа δ 18% KCV: 88 Дж/см² при +20°С 63 Дж/см² при 0°С</p>

3.2. Проволоки сплошного сечения для дуговой сварки в защитных газах плавящимся электродом хромо-молибденовых теплоустойчивых сталей.

Классификации проволоки и наплавленного металла в соответствии со стандартом:

- ГОСТ 2246-70

Проволока	1	Св	-	2	-	3	-	Э	-	О	ГОСТ 2246-70
											факультативно

Проволока – сортамент материала

1 – индекс идентифицирующий диаметр проволоки в мм

Св – индекс, указывающий на то, что данный материал предназначен для сварки

2 – индекс, определяющий химический состав проволоки в соответствии с таблицей 2 ГОСТ 2246

3 – индекс, определяющий способ выплавки стали, из которой был изготовлен подкат

Ш – проволока из стали, выплавленной электрошлаковым переплавом

И – проволока из стали, выплавленной в вакуумно-индукционной печи

Э – индекс, указывающий на то, что проволока предназначена для изготовления покрытых электродов (индекс отсутствует – проволока предназначена для сварки в качестве присадочного материала)

О – индекс, указывающий на то, что проволока с омедненной поверхностью

ГОСТ 2246-70 – стандарт, согласно которому производится классификация

- ISO 21952:2012, а также идентичный ему EN ISO 21952:2012

По химическому составу проволоки:

ISO 21952-A	:	1	2
-------------	---	---	---

ISO 21952-A – стандарт, согласно которому производится классификация

1 – индекс, определяющий процесс сварки, для которого предназначена данная проволока

G – проволока сплошного сечения для дуговой сварки в защитных газах плавящимся электродом