



**СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ТРУБОПРОВОДНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

Введение



Будучи одним из пионеров производства сварочных материалов, компания BÖHLER WELDING особое внимание уделяет высокотехнологичным применениям выпускаемой продукции.

Так, с тех пор как, трубопроводный транспорт приобрел огромное значение, BÖHLER WELDING принимает активное участие в развитии этой отрасли промышленности.

Трубопроводное строительство в различных климатических поясах и областях с различным рельефом и типом почв поставило множество инженерных задач.

Решая возникшие задачи, работая бок о бок с ведущими компаниями, занимающимися трубопроводным строительством, BÖHLER WELDING добился мирового лидерства в произ-

водстве сварочных проволок и электродов с целлюлозным и основным покрытием, обеспечивающих высокие прочностные свойства наплавленного металла, гарантирующие, в первую очередь, безопасность соединения.

Тысячи километров трубопроводов, построенные на суше и проложенные с помощью барж на море, обеспечили мировую известность сварочным материалам производства BÖHLER WELDING.

Быструю, точно в срок, доставку материалов обеспечивает охватывающая весь мир сеть представительств и складов. Вашего ближайшего поставщика Вы можете найти на сайте компании www.boehler-welding.com.

Сварочные МАТЕРИАЛЫ компании BÖHLER WELDING выпускаются во влагоустойчивой и герметичной упаковке.



	Электроды				Проволока	ДСПП	
	Марки стали API EN	CEL	BVD	Серия PIPE			
Трубные стали низкой прочности	API	A, B	FOX CEL	FOX BVD RP FOX BVD 85	FOX EV Pipe		
		X42 - X52	FOX CEL	FOX BVD RP FOX BVD 85	FOX EV Pipe FOX EV 60 Pipe	SG 3-P SG 8-P	
		X56 - X60	FOX CEL FOX CEL Mo FOX CEL 70-P FOX CEL 75 FOX CEL 80-P FOX CEL 85	FOX BVD RP FOX BVD 85	FOX EV Pipe FOX EV 60 Pipe	SG 3-P SG 8-P	
	EN	L210	FOX CEL	FOX BVD RP FOX BVD 85	FOX EV Pipe		
		L290MB-L360MB	FOX CEL	FOX BVD RP FOX BVD 85	FOX EV Pipe FOX EV 60 Pipe	SG 3-P SG 8-P	
		L385M-L415MB	FOX CEL FOX CEL Mo FOX CEL 70-P FOX CEL 75 FOX CEL 80-P FOX CEL 85	FOX BVD RP FOX BVD 85	FOX EV Pipe FOX EV 60 Pipe	SG 3-P SG 8-P	
	Трубные стали высокой прочности	API	X65	FOX CEL FOX CEL 80-P FOX CEL 85	FOX BVD RP FOX BVD 85	FOX EV 60 Pipe	SG 3-P SG 8-P
			X70	FOX CEL FOX CEL 80-P FOX CEL 85 FOX CEL 90	FOX BVD RP FOX BVD 90	FOX EV 70 Pipe	SG 8-P NiMo 1-IG Ti 70 Pipe-FD
			X80	FOX CEL FOX CEL 90	FOX BVD RP FOX BVD 90 FOX BVD 100	FOX EV 70 Pipe	NiMo 1-IG Ti 80 Pipe-FD
			X100-X110		FOX BVD RP FOX BVD 110 FOX BVD 120		
EN		L450MB	FOX CEL FOX CEL 80-P FOX CEL 85	FOX BVD RP FOX BVD 85	FOX EV 60 Pipe	SG 3-P SG 8-P	
		L485MB	FOX CEL FOX CEL 80-P FOX CEL 85 FOX CEL 90	FOX BVD RP FOX BVD 90	FOX EV 70 Pipe	SG 8-P NiMo 1-IG	
		L555MB	FOX CEL FOX CEL 90	FOX BVD RP FOX BVD 90 FOX BVD 100	FOX EV 70 Pipe	NiMo 1-IG	
Дуплексные стали		22Cr	FOX CN 22/9 N FOX CN 22/9 N-B			CN 22/9 N-IG CN 22/9 PW-FD	
<p>Выбор зависит от технологии сварки, см. подробные рекомендации для корневого, горячего и заполняющих слоев на следующих страницах</p> <p>CEL = Электроды с целлюлозным покрытием</p> <p>BVD = Электроды с основным покрытием для сварки в положении сверху вниз</p> <p>Серия PIPE = Электроды с основным покрытием для сварки в положении снизу вверх</p> <p>ДСПП = Порошковая сварочная проволока</p>							

		Стр.
Электроды с целлюлозным покрытием для сварки в положении сверху вниз	Сравнительная таблица трубных сталей	5
	Рекомендации по электродам с целлюлозным покрытием	7
	BÖHLER FOX CEL (AWS E6010)	8
	BÖHLER FOX CEL+ (AWS E6010)	8
	BÖHLER FOX CEL Mo (AWS E7010-A1)	8
	BÖHLER FOX CEL 70-P (AWS E7010-P1)	9
	BÖHLER FOX CEL 75 (AWS E7010-P1)	9
	BÖHLER FOX CEL 75 G (AWS E7010-G)	29
	BÖHLER FOX CEL 80-P (AWS E8010-P1)	9
	BÖHLER FOX CEL 85 (AWS E8010-P1)	10
	BÖHLER FOX CEL 85 G (AWS E8010-G)	29
BÖHLER FOX CEL 90 (AWS E9010-P1)	10	
Технология сварки	11 - 14	
Электроды с основным покрытием для сварки в положении сверху вниз	Рекомендации по электродам с основным покрытием	15
	BÖHLER FOX BVD RP (AWS E8045-P2)	16
	BÖHLER FOX BVD 85 (AWS E8045-P2)	16
	BÖHLER FOX BVD 90 (AWS E9018-G)	16
	BÖHLER FOX BVD 100 (AWS E10018-G)	17
	BÖHLER FOX BVD 110 (AWS E11018-G)	17
	BÖHLER FOX BVD 120 (AWS E12018-G)	17
	Технология сварки	18 - 22
Электроды с основным покрытием для сварки в положении снизу вверх	Рекомендации по электродам с основным покрытием для сварки, выполняемой снизу вверх.	24
	BÖHLER FOX EV PIPE (AWS E7016-1)	25
	BÖHLER FOX EV 60 PIPE (AWS E8016-G)	25
	BÖHLER FOX EV 70 PIPE (AWS E9016-G)	25
Сплошные и порошковые проволоки для полуавтоматической сварки	Рекомендации по автоматической сварке сплошной проволокой	26
	BÖHLER SG 3-P	27
	BÖHLER SG 8-P	27
	BÖHLER NiMo 1-IG	28
	BÖHLER Ti 70 Pipe-FD	28
	BÖHLER Ti 80 Pipe-FD	28
Иные сварочные материалы для трубопроводов	BÖHLER FOX CEL S	29
	BÖHLER FOX CEL 75 G	29
	BÖHLER FOX CEL 85 G	29
	BÖHLER FOX EV 50-W	29
Для дуплексных сталей	FOX CN 22/9 N	29
	FOX CN 22/9 N-B	29
	CN 22/9 N-IG	29
	CN 22/9 PW-FD	29

Сравнительная таблица трубных сталей

Классификация сталей			Предел текучести - минимум		Предел прочности - минимум		Удлинение - минимум
API 5 L-92	EN 10208-2	DIN 17172	ksi	Н/мм ²	ksi	Н/мм ²	%
A	L210	StE 210.7	30.0	207	48.0	331	28
			30.4	210	46.4	320	26
			30.4	210	46.4	320	26
B	L245MB	StE 240.7	35.0	241	60.0	413	23
			35.5	245	60.2	415	22
			34.8	240	53.7	370	24
X 42	L290MB	StE 290.7 StE 290.7 TM	42.0	289	60.0	313	23
			42.0	290	60.2	415	21
			42.0	290	60.9	420	23
X 46	L320M	StE 320.7 StE 320.7 TM	46.0	317	63.0	434	22
			46.4	320	66.7	460	21
			46.4	320	66.7	460	21
X 52	L360MB	StE 360.7 StE 360.7 TM	52.0	358	66.0	455	21
			52.2	360	66.7	460	20
			52.2	360	74.0	510	20
X 56	L385M	StE 385.7 StE 385.7 TM	56.0	386	71.0	489	20
			55.8	385	76.9	530	19
			55.8	385	76.9	530	19
X 60	L415MB	StE 415.7 StE 415.7 TM	60.0	413	75.0	517	19
			60.2	415	75.4	520	18
			60.2	415	79.8	550	18
X 65	L450MB	StE 445.7 TM	65.0	448	77.0	530	18
			65.3	450	77.6	535	18
			64.6	445	81.2	560	18
X 70	L485MB	StE 480.7 TM	70.0	482	82.0	565	18
			70.3	485	82.7	570	18
			69.6	480	87.0	600	18
X 80	L555MB	StE 550.7 TM	80.0	550	90.0	620	18
			80.5	555	90.6	625	18
			79.8	550	100.1	690	18



Сварка сверху вниз, с использованием электродов с целлюлозным покрытием, ОАЭ



Водопровод в Саудовской Аравии

© a.hak

Рекомендации по электродам с целлюлозным покрытием

Марки стали API	Электроды с целлюлозным покрытием				
	FOX CEL FOX CEL S E 6010	FOX CEL № E 7010-A1	FOX CEL 70-P FOX CEL 75 E 7010-P1	FOX CEL 80-P FOX CEL 85 E 8010-P1	FOX CEL 90 E 9010-G
A					
B					
X 42					
X 46					
X 52					
X 56					
X 60					
X 65					
X 70					
X 80					
Марки стали EN					
L210					
L245MB					
L290MB					
L320M					
L360MB					
L385M					
L415MB					
L450MB					
L485MB					
L555MB					


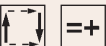

только для сварки корневого шва

для корневого шва, горячего прохода, заполняющих слоев и облицовочного слоя.
 Применение FOX CEL или FOX CEL S для корневого шва высокопрочных сталей с высокой ударной вязкостью X 60 / L415MB и более широко распространено, однако их использование зависит от конкретных технических характеристик и условий.
 Обратите, пожалуйста, также внимание на материалы раздела «Комбинированная технология и сварка с использованием электродов одной марки» страниц 8 и 9.

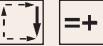
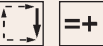

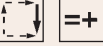
В течение многих лет экономическая целесообразность применения электродов с целлюлозным покрытием доказана их успешным использованием в трубопроводном строительстве по всему миру. Область применения электродов включает все прочностные классы трубных сталей вплоть до API 5L X 70. Экономический эффект использования достигается как при сварке корневых, так и заполняющих и облицовочных швов. Результат обеспечивается возможностью использованием больших диаметров электродов

в позиции сверху вниз на повышенных токах при высокой скорости сварки. Хотя электроды **БЭЛЕР** с целлюлозным покрытием разработаны для получения сварных соединений с высокой прочностью и ударной вязкостью, большое содержание водорода в металле шва может ограничивать применение таких электродов, особенно в случаях сварки толстостенных труб и при необходимости достижения высокой ударной вязкости.

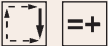
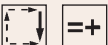
Электроды с целлюлозным покрытием для сварки в положении сверху вниз

BÖHLER Стандарт Эксплуатационные параметры	Сварочный процесс	Типичный состав %	Типичные механические свойства	Ø мм	Ток А	Одобрения	Характеристики и области применения	Свариваемые металлы Классификация по стандартам EN API
FOX CEL EN ISO 2560-A:2005: E 38 3 C 2 1 AWS A5.1-04: E6010 AWS 5.1M-04: E4310  Прямая полярность (-) для корневого шва Прокатка: не допустима Условия предварительного нагрева, температура промежуточного прохода и процедура сварки указаны в наших рекомендациях на страницах 10 и 11.	ДСМПЭ	C 0.12 Si 0.14 Mn 0.5	Re 450 (≥ 390) Н/мм ² Rm 520 (≥ 470-540) Н/мм ² A5 26 (≥ 22) % Av +20°C: 110 (≥ 70) Дж ± 0°C: 105 Дж -20°C: 95 Дж -30°C: 65 (≥ 47) -40°C: 45 Дж Предел текучести 65000 (≥ 57000) PSI Предел прочности 75000 (≥ 68000-78000) PSI Удлинение на 4d 26 % Ударная вязкость +68°F: 81 (≥ 52) ft-lb +32°F: 77 ft-lb -4°F: 70 (≥ 35) ft-lb -22°F: 48 ft-lb -40°F: 34 ft-lb	2.5 3.2 4.0 5.0	50-90 80-130 120-180 160-210	TÜV-D, TÜV-A, DNV, GdF, Statoil, SEPROZ, PDO, VNIIST, CE	Электрод с целлюлозным покрытием для сварки в положении сверху вниз трубопроводов больших диаметров. Подходит для корневого шва, горячих проходов, заполняющих и облицовочных слоев. Особенно рекомендуется для сварки корневого шва. Высокоэкономичен по сравнению со стандартным способом ведения сварки — снизу вверх. Помимо хороших сварочных характеристик и хорошего перекрытия зазора, электрод FOX CEL позволяет получить наплавленный металл с высочайшими значениями ударной вязкости, и, таким образом, гарантирует еще большую степень безопасности при сварке трубопроводов во время монтажа. Можно использовать при сварке конструкций, эксплуатируемых в среде высокоэнергетических газов. (НІС-тест в соответствии с NACE TM-02-84). Данные по сопротивлению материала сульфидному растрескиванию под нагрузкой (SSC-тест) также могут быть предоставлены.	S235JR, S275JR, S235J2G3, S275J2G3, S355J2G3, P235GH, P265GH, P355T1, P235T2-P355T2, L210NB-L415NB, L290MB-L415MB, P235G1TH, P255G1TH. Проход корневого шва до L555NB, L555MB API Спец 5 L: A, B, X 42, X 46, X 52, X 56. Корневой слой до X 80.
FOX CEL+ EN ISO 2560-A:2005: E 38 2 C 2 1 AWS A5.1-04: E6010 AWS A5.1M-04: E4310  Прокатка: не допустима Условия предварительного нагрева, температура промежуточного прохода и процедура сварки указаны в наших рекомендациях на страницах 10 и 11.	ДСМПЭ	C 0.17 Si 0.15 Mn 0.6	Re 450 (≥ 390) Н/мм ² Rm 520 (≥ 470-540) Н/мм ² A5 26 (≥ 22) % Av +20°C: 105 (≥ 70) Дж ± 0°C: 95 Дж -20°C: 65 (≥ 47) Дж -30°C: — (≥ 27) Дж Предел текучести 65000 (≥ 57000) PSI Предел прочности 75000 (≥ 68000-78000) PSI Удлинение на 4d 26 (≥ 22) % Ударная вязкость +68°F: 77 (≥ 52) ft-lb +32°F: 70 ft-lb -4°F: 48 (≥ 35) ft-lb -22°F: — (≥ 20) ft-lb	2.5 3.2 4.0	50-90 80-130 120-180	—	Электрод с целлюлозным покрытием для сварки в положении сверху вниз трубопроводов больших диаметров. Особенно рекомендуется для корневого шва при сварке постоянным током положительной полярности, при сварке снизу вверх и сверху вниз. Помимо хороших сварочных характеристик и хорошего перекрытия зазора, электрод BÖHLER FOX CEL+ позволяет получить мощную проплавляющую дугу, гладкие корневые слои шва при высоких скоростях прохода, а также большую степень защиты от образования усадочных раковин, полостей и подрезок.	S235JR, S275JR, S235J2G3, S275J2G3, S355J2G3, P235GH, P265GH, P355T1, P235T2-P355T2, L210NB-L415NB, L290MB-L415MB, P235G1TH, P255G1TH. Проход корневого шва до L555NB, L555MB API Спец 5 L: A, B, X 42, X 46, X 52, X 56. Проход корневого шва до X 80.
FOX CEL Mo EN ISO 2560-A:2005: E 42 3 Mo C 2 5 AWS A5.5-06: E7010-A1  Прямая полярность (-) для корневого шва Прокатка: не допустима Условия предварительного нагрева, температура промежуточного прохода и процедура сварки указаны в наших рекомендациях на страницах 10 и 11.	ДСМПЭ	C 0.1 Si 0.14 Mn 0.4 Mo 0.5	Re 480 (≥ 420) Н/мм ² Rm 550 (≥ 510-590) Н/мм ² A5 23 (≥ 22) % Av +20°C: 100 (≥ 70) Дж ± 0°C: 95 Дж -20°C: 85 Дж -30°C: 50 (≥ 47) Дж -40°C: 42 Дж Предел текучести 70000 (≥ 61000) PSI Предел прочности 80000 (≥ 74000-85500) PSI Удлинение на 4d 23 (≥ 22) % Ударная вязкость +68°F: 74 (≥ 52) ft-lb +32°F: 70 ft-lb -4°F: 63 ft-lb -22°F: 37 (≥ 35) ft-lb -40°F: 31 ft-lb	3.2 4.0 5.0	80-130 120-180 160-210	TÜV-D, TÜV-A, ABS, SEPROZ, VNIIST, CE	Электрод с целлюлозным покрытием для сварки в положении сверху вниз трубопроводов с высокой ударной вязкостью больших диаметров. Более экономичен по сравнению с обычной сваркой в направлении снизу вверх. Особенно рекомендуется для горячих проходов, заполняющих и облицовочных слоев. Помимо отличных прочностных свойств наплавленного металла, обеспечивает простоту использования, концентрированную мощную дугу с глубоким проплавлением, что позволяет получить прочные сварные соединения с высокой рентгенографической плотностью шва. Можно использовать при сварке конструкций, эксплуатируемых в среде высокоэнергетических газов. (НІС-Тест асс. NACE TM-02-84). Данные по сопротивлению материала сульфидному растрескиванию под нагрузкой (SSC-тест) также могут быть предоставлены.	S235JR, S275JR, S235J2G3, S275J2G3, S355J2G3, P235GH, P265GH, L210-L415NB, L290MB-L415MB, P355T1, P235T2-P355T2, P235G1TH, P255G1TH Проход корневого шва до L555MB. API Спец 5 L: Grade A, B, X 42, X 46, X 52, X 56, X 60. Проход корневого шва до X 80.

Электроды с целлюлозным покрытием для сварки в положении сверху вниз

BÖHLER Стандарт Эксплуатационные параметры	Сварочный процесс	Типичный состав %	Типичные механические свойства	\varnothing мм	Ток А	Одобрения	Характеристики и области применения	Свариваемые металлы Классификация по стандартам EN API
FOX CEL 70-P EN ISO 2560-A:2005: E 42 3 C 25 AWS A5.5-06: E7010-P1  Прокаливание: не допустимо Условия предварительного нагрева, температура промежуточного прохода и процедура сварки указаны в наших рекомендациях на страницах 10 и 11.	АСМПЭ	C 0.17 Si 0.11 Mn 0.6 Ni 0.17	Re 475 (≥ 420) Н/мм ² Rm 550 (510-610) Н/мм ² A5 23 (≥ 22) % Av +20°C: 90 J -20°C: 70 J -30°C: 55 (≥ 47) J -40°C: 45 J Предел текучести 69000 (≥ 61000) PSI Предел прочности 80000 (≥ 73000 -93000) PSI Удлинение на 4d 23 (≥ 22) % Ударная вязкость +68°F: 66 ft-lb -4°F: 51 ft-lb -22°F: 40 (≥ 34) ft-lb -40°F: 33 ft-lb	5.0	140-210	–	Электрод с целлюлозным покрытием для сварки в положении сверху вниз трубопроводов с большим диаметром и высокой ударной вязкостью. Особенно рекомендуется для горячих проходов, заполняющих и облицовочных слоев. Высокоэкономичен по сравнению со стандартным способом ведения сварки - снизу вверх. BÖHLER FOX CEL 70-P обеспечивает более мощную дугу и более текучий наплавленный металл по сравнению с хорошо известным BÖHLER FOX CEL 75.	S235JR, S275JR, S235J2G3, S275J2G3, S355J2G3, P235GH, P265GH, L210 - L415NB, L290MB - L415MB, P355T1, P235T2 - P355T2, P235G1TH, 255G1TH API Спец. 5 L: Grade A, B, X42, X 46, X 52, X 56, X 60
FOX CEL 75 EN ISO 2560-A:2005: E 42 3 C 2 5 AWS A5.5-06: E7010-P1   Прямая полярность (-) для корневого шва Прокалка: не допустима Условия предварительного нагрева, температура промежуточного прохода и процедура сварки указаны в наших рекомендациях на страницах 10 и 11.	АСМПЭ	C 0.14 Si 0.14 Mn 0.7	Re 480 (≥ 420) Н/мм ² Rm 550 (510-610) Н/мм ² A5 23 (≥ 22) % Av +20°C: 100 (≥ 85) Дж ±0°C: 95 Дж -20°C: 85 Дж -30°C: 55 (≥ 47) Дж -40°C: 45 (≥ 27) Дж Предел текучести 70000 (≥ 61000) PSI Предел прочности 80000 (≥ 74000 -89000) PSI Удлинение на 4d 23 (≥ 22) % Ударная вязкость +68°F: 74 (≥ 63) ft-lb +32°F: 70 ft-lb -4°F: 63 ft-lb -22°F: 41 (≥ 35) ft-lb -40°F: 33 (≥ 20) ft-lb	3.2 4.0 5.0	80-130 120-180 160-210	TÜV-A	Электрод с целлюлозным покрытием для сварки в положении сверху вниз трубопроводов с высокой ударной вязкостью больших диаметров. Особенно рекомендуется для горячих проходов, заполняющих и облицовочных слоев. Высокоэкономичен по сравнению со стандартным способом ведения сварки - снизу вверх. Характеристики проникновения дуги и малое шлакообразование обеспечивают хороший контроль за сварной ванной и гарантируют отличные сварочно-технологические показатели во всех положениях, даже при использовании электродов больших диаметров и более высоких значений тока. Можно использовать при сварке конструкций, эксплуатируемых в среде высокоокислительных газов. (НСТ-тест в соответствии с NACE TM-02-84). Данные по сопротивлению материала сульфидному растрескиванию под нагрузкой (SSC-тест) также могут быть предоставлены.	S235JR, S275JR, S235J2G3, S275J2G3, S355J2G3, P235GH, P265GH, L210-L415NB, L290MB-L415MB, P355T1, P235T2-P355T2, P235G1TH, P255G1TH. Проход корневого шва до L480MB. API Спец. 5 L: Grade A, B, X 42, X 46, X 52, X 56, X 60. Проход корневого шва до X 70.
FOX CEL 80-P EN ISO 2560-A:2005: E 46 3 1Ni C 25 AWS A5.5-06: E8010-P1  Прокаливание: не допустимо Условия предварительного нагрева, температура промежуточного прохода и процедура сварки указаны в наших рекомендациях на страницах 10 и 11.	АСМПЭ	C 0.15 Si 0.15 Mn 0.75 Ni 0.8	Re 490 (≥ 460) Н/мм ² Rm 570 (550-650) Н/мм ² A5 23 (≥ 20) % Av +20°C: 90 J -20°C: 80 J -30°C: 60 (≥ 47) J -40°C: 45 J Предел текучести 71000 (≥ 67000) PSI Предел прочности 83000 (≥ 80000 -94000) PSI Удлинение на 4d 23 (≥ 20) % Ударная вязкость +68°F: 66 ft-lb -4°F: 59 ft-lb -22°F: 44 (≥ 34) ft-lb -40°F: 33 ft-lb	5.0	140-210	–	Электрод с целлюлозным покрытием для сварки в положении сверху вниз трубопроводов с большим диаметром и высокой ударной вязкостью. Высокоэкономичен по сравнению со стандартным способом ведения сварки - снизу вверх. Особенно рекомендуется для горячих проходов, заполняющих и облицовочных слоев. BÖHLER FOX CEL 80-P обеспечивает более мощную дугу и более текучий наплавленный металл по сравнению с хорошо известным BÖHLER FOX CEL 85.	L415NB - L485NB, L415MB - L485MB API Спец. 5 L: X 56, X 60, X 65, X 70

Электроды с целлюлозным покрытием для сварки в положении сверху вниз

BÖHLER Стандарт Эксплуатационные параметры	Сварочный процесс	Типичный состав %	Типичные механические свойства	\varnothing мм	Ток А	Одобрения	Характеристики и области применения	Свариваемые металлы Классификация по стандартам EN API
FOX CEL 85 EN ISO 2560-A:2005: E 46 4 1Ni C 2 5 AWS A5.5-06: E8010-P1  Прокалка: не допустима Условия предварительного нагрева, температура промежуточного прохода и процедура сварки указаны в наших рекомендациях на страницах 10 и 11.	SMAW	C 0.14 Si 0.15 Mn 0.75 Ni 0.7	Re 490 (≥ 460) Н/мм ² Rm 570 (550-650) Н/мм ² A5 23 (≥ 20) % Av +20°C: 110 (≥ 80) Дж ±0°C: 105 Дж -20°C: 100 Дж -40°C: 70 (≥ 47) Дж Предел текучести 71000 (≥ 67000) PSI Предел прочности 82000 ($\geq 80000-94000$) PSI Удлинение на 4d 23 (≥ 20) % Ударная вязкость +68°F: 81 (≥ 59) ft-lb +32°F: 77 ft-lb -4°F: 74 ft-lb -40°F: 52 (≥ 35) ft-lb	3.2 4.0 5.0	80-130 120-180 160-210	TÜV-D, TÜV-A, ABS, GdF, SEPROZ, PDO, CE	Электрод с целлюлозным покрытием для сварки в положении сверху вниз трубопроводов с высокой ударной вязкостью больших диаметров. Высокоэкономичен по сравнению со стандартным способом ведения сварки – снизу вверх. Особенно рекомендуется для горячих проходов, заполняющих и облицовочных слоев. Безусловно, BÖHLER FOX CEL 85 – наиболее популярный электрод с целлюлозным покрытием, превосходно соответствующий всем высоким требованиям сварки при монтаже магистральных трубопроводов. Его применение гарантирует получение сварных соединений высочайшего качества при температурах до -40 °C. Можно использовать при сварке конструкций, эксплуатируемых в среде высокосернистых газов. (НЭС-тест в соответствии с NACE TM-02-84). Данные по сопротивлению материала сульфидному растрескиванию под нагрузкой (SSC-тест) также могут быть предоставлены.	L415NB-L485NB, L415MB-L485MB. API Спец. 5 L: X 56, X 60, X 65, X 70
FOX CEL 90 EN ISO 2560-A:2005: E 50 3 1Ni C 2 5 AWS A5.5-06: E9010-P1  Прокалка: не допустима Условия предварительного нагрева, температура промежуточного прохода и процедура сварки указаны в наших рекомендациях на страницах 10 и 11.	АСМПЭ	C 0.17 Si 0.15 Mn 0.9 Ni 0.8	Re 610 (≥ 530) Н/мм ² Rm 650 (620-720) Н/мм ² A5 21 (≥ 18) % Av +20°C: 100 (≥ 80) Дж ±0°C: 90 Дж -20°C: 75 Дж -30°C: 65 (≥ 47) Дж -40°C: 40 (≥ 27) Дж Предел текучести 89000 (≥ 77000) PSI Предел прочности 94000 ($\geq 90000-104400$) PSI Удлинение на 4d 21 (≥ 18) % Ударная вязкость +68°F: 74 (≥ 59) ft-lb +32°F: 66 ft-lb -4°F: 55 ft-lb -22°F: 48 (≥ 35) ft-lb -40°F: 30 (≥ 35) ft-lb	4.0 5.0	120-180 160-210	TÜV-D, TÜV-A, GdF, Statoil, SEPROZ, VNIIST, CE	Электрод с целлюлозным покрытием для сварки в положении сверху вниз трубопроводов с высокой ударной вязкостью больших диаметров. Высокоэкономичен по сравнению со стандартным способом ведения сварки – снизу вверх. Особенно рекомендуется для горячих проходов, заполняющих и облицовочных слоев. Специальная конструкция покрытия и электродной проволоки гарантирует высочайшее металлургическое качество и отсутствие дефектов наплавленного металла с отличными механическими свойствами. Электрод обеспечивает хорошую видимость сварочной ванны и простоту выполнения работ в любом положении, а также высокий запас стойкости против поробразования и шлаковых включений.	L450MB, L485MB, L555MB. API Спец. 5 L: X 65, X 70, X 80

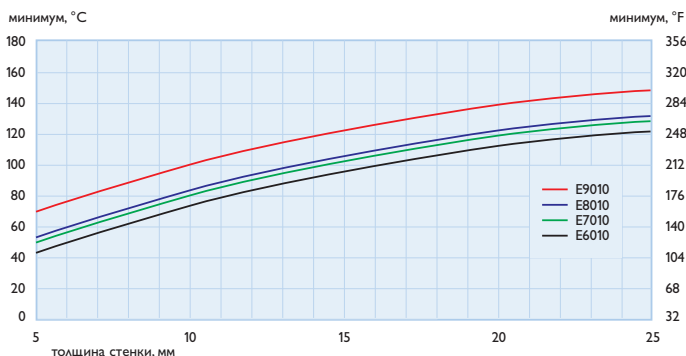
Технология сварки

Температура предварительного подогрева и промежуточного прохода

Чтобы предотвратить водородное растрескивание, требуется предварительный нагрев труб перед сваркой и поддержание температуры промежуточного прохода в процессе варки отдельных слоев.

Что касается сварки по месту монтажа трубопровода, достаточно часто выполняемой в трудных условиях, в основном, рекомендуется предварительный нагрев до (300 °F). Это относится ко всем трубам с толщиной стенок до 25 мм (1") и наплавленному металлу класса E9010 (FOX CEL 90). Помните, что при сварке тон-костенных труб требуются более низкие температуры предварительного нагрева и промежуточного прохода.

На прилагаемой схеме показаны минимально возможные температуры в зависимости от толщины стенок труб и диаметра электродов



СВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ

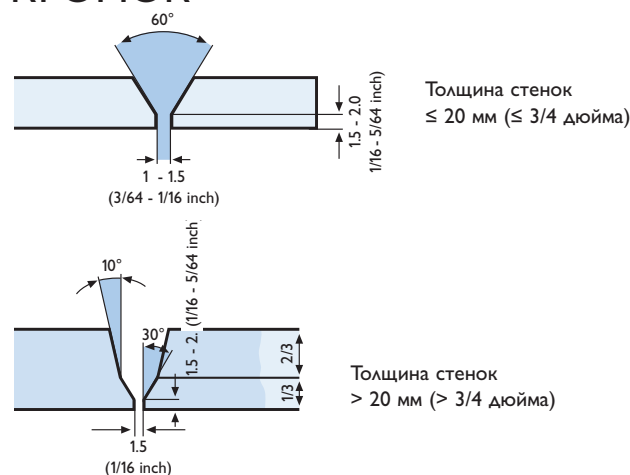
Сварка электродами с целлюлозным покрытием возможна только на постоянном токе. Сварочные аппараты должны иметь падающую вольтамперную характеристику и высокое напряжение холостого хода.

При ручной сварке, расстояние между электродами и сварной ванной или кромками, не постоянно, т.е. длина дуги и сварочный ток будут изменяться. Использование сварочных аппаратов с падающей вольтамперной снижает влияние этих изменений до минимума. **Напряжение холостого хода должно превышать 70 В** для того, чтобы обеспечить энергию дуги необходимую для ионизации компонентов покрытия электродов. Обычно, сварочные аппараты, применяемые в трубопроводном строительстве для работы с электродами с целлюлозным покрытием, имеют напряжение холостого хода от 80 до 100 В.

Электроды большого диаметра требуют больших токов и напряжений. Данные рекомендации относятся ко всем сварочным аппаратам и носят общий характер.

Другие параметры, в зависимости от области применения и способов сварки оговариваются отдельно с производителями сварочного оборудования.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ПОДГОТОВКА КРОМОК



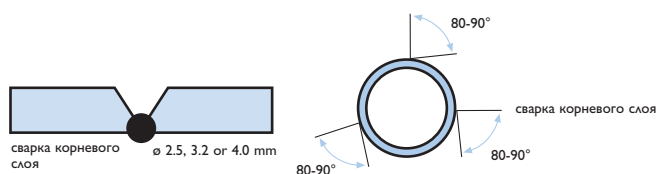
Технология сварки КОРНЕВОЙ СЛОЙ

Для выполнения качественной сварки корневого слоя необходимо произвести аккуратную сборку стыка, по возможности с применением центрирующих зажимов, обеспечивающую оптимальную ширину зазора, совмещение и выравнивание кромок. При сварке труб диаметром выше 200 мм (8") сварку обычно ведут два сварщика с противоположных сторон. Иногда для предотвращения коробления и для выдержки зазора по всему периметру работают три или четыре сварщика одновременно. Три-четыре сварщика работают на сварке труб диаметром более 700 мм (28") или при работе на сложном грунте, когда велика вероятность смещения. **Корневой слой - наиболее ответственная часть кольцевого сварного соединения, требует высокой степени проплавления, при этом особое внимание следует уделять выбору диаметра электродов, скорости сварки, току, что в свою очередь зависит от толщины стенок и диаметра трубы. Для труб диаметром до 250 мм (10") с толщиной стенок до 8 мм (5/16"), мы рекомендуем электроды диаметром 3.2 мм, для больших размеров труб - электроды диаметром 4.0 мм.** Сварка ведется в положении сверху вниз, электрод находится в контакте с кромками разделки стыка. Полярность прямая.

Диаметр электрода:

ø 2.5 mm (3/32")	50 - 180 A
ø 3.2 mm (1/8")	80 - 100 A
ø 4 mm (5/32")	120 - 150 A

Центрирующие зажимы следует удалять только после завершения прохода корневого шва по всей длине окружности и, при сварке трубы больших диаметров, только после завершения горячего прохода. При выполнении указанных проходов, не смещайте трубы во избежание образования трещин.



Электроды с целлюлозным покрытием

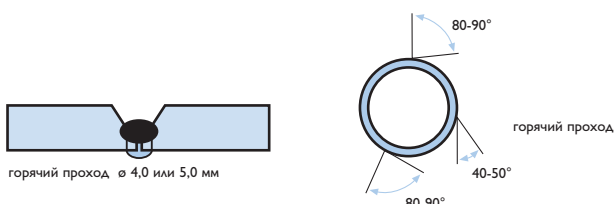
Горячий проход

Перед сваркой горячего прохода производится зачистка корневого шва шлиф кругами для удаления шлаковых «карманов», образующихся у кромок разделки («дорожка» на рентгенограмме). При сварке горячего прохода электрод держится почти вертикально, ток – максимальный, полярность – обратная. Высокое значение тока обеспечивает глубокий провар, в результате чего оставшиеся шлаковые

Наиболее часто используются электроды следующих размеров:

4 мм	(5/32")	при 150 - 180 А
5 мм	(3/16")	при 170 - 210 А

включения всплывают на поверхность сварной ванны, а корневой слой полностью отжигается. Горячий проход осуществляется непосредственно сразу после сварки корневого шва, в любом случае, не позднее, чем через 10 минут. Это особенно важно для предотвращения образования трещин при сварке высокопрочных труб



ЗАПОЛНЯЮЩИЕ СЛОИ

Поверхность сварного шва будет плоской без подрезов и шлаковых включений, если при работе электродом совершаются круговые или шаговые движения малой амплитуды, особенно это важно при сварке в позициях от 12 до

2 часов, 12-10, 4-6, 8-6 часов. На других участках рекомендуется применять колебательные движения электрода. После прохода каждого слоя для удаления шлака необходимо тщательная зачистка шва кругами с металлическими щетками. Диаметр применяемых электродов зависит от толщины стенок и диаметра трубы

Диаметры электродов и сила тока, рекомендованные для заполняющих слоев при обратной (+) полярности:

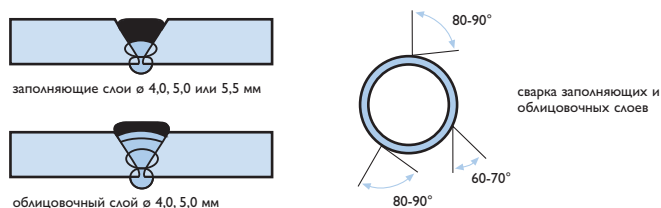
4 мм	(5/32")	120 - 150 А
5 мм	(3/16")	160 - 210 А
5.5 мм	(7/32")	200 - 260 А

Толщина шва при сварке сверху вниз может оказаться неравномерной по периметру. Поэтому перед сваркой облицовочного шва обычно корректируют толщину наплавляя где необходимо дополнительные слои. В позициях 2-4 часа и 10-8 часов такие слои наносятся при высокой скорости перемещения электрода.

ОБЛИЦОВОЧНЫЙ СЛОЙ

Сварку облицовочного слоя производят с небольшими поперечными колебаниями электрода. Допускается перекрытие слоев наружной кромки разделки не более чем на 1,5 мм. При правильной сварке облицовочный слой шире расстояния между верхними кромками разделки на 1-2 мм. **Для сварки облицовочного слоя обычно применяют электроды диаметром 5 мм, для предотвращения образования пор ток немного ниже, чем при сварке заполняющих слоев (150-200 А).**

Образование пор при сварке облицовочного слоя возникает из-за перегрева или большой амплитуды поперечных колебаний.



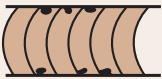
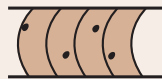
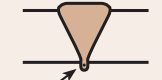



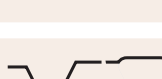
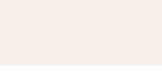


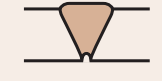
Комбинированная технология и сварка электродами одной марки

Наплавленный металл корневого шва, не подвергнутый отпуску горячим проходом, может иметь прочность, превышающую прочность завершеного соединения на 100 to 150 Н/мм² (~18000 psi). Это, а также чувствительный к образованию подрезов валик, наплавленный без поперечных колебаний электрода, может, в случае неконтролируемого смещения трубы, вызывать механическое образование трещин до наплавки горячего прохода. Комбинированная технология сварки, практикуемая в течение многих лет, позволяет свести эту проблему к минимуму. Комбинированная технология сварки включает в себя сварку корневого шва труб высокой прочности с высоким содержанием углерода электродами, дающими наплавленный металл меньшей прочности по сравнению со свариваемым металлом, но имеющим большую пластичность (FOX CEL). Относительно мягкий и пластичный корневой шов лучше поглотит возникающие механические напряжения до и во время сварки горячего прохода. Применение комбинированной технологии особенно успешно при сварке сталей с повышенным содержанием углерода. Невысокая прочность металла, наплавляемого электродами для корневого слоя, компенсируется приблизительно 50 % растворением со свариваемым металлом. Однако, при сварке низкоуглеродистых перлитных сталей, высокая степень растворения корневого слоя приводит к понижению прочности на этом участке соединения. В случае тонкостенных труб, сечение корневого шва составляет относительно большую часть общего сечения сварного соединения, чем для толстостенных труб. Это приводит к общему снижению прочности по всему поперечному сечению соединения. Поэтому, мы рекомендуем использование электродов одной марки от корневого до облицовочного слоя для сварки труб, изготовленных из малоуглеродистых сталей с содержанием углерода ниже 0,10 %, имеющим толщину стенок меньше 10 мм (13/32"). Механические свойства металла электрода данной марки в этом случае будут близки свойствам металла свариваемых труб.

Хранение


Целлюлозное покрытие электродов имеет сравнительно высокое содержание влаги, что определяет необходимые сварочно-технологические параметры наплавляемого металла. При хранении в открытой, негерметичной упаковке, влажность воздуха и/или температура воздуха могут повлиять на содержание влаги в покрытии. Поэтому электроды с целлюлозным покрытием BÖHLER упаковываются в запаянные жестяные банки. Электроды следует хранить в закрытых упаковках, избегая больших перепадов температур и прямого воздействия солнечных лучей. Если банка открыта, электроды должны быть использованы как можно быстрее. Прокаливание электродов с целлюлозным покрытием не допускается.


Технология сварки

Дефекты сварных швов	Дефекты	Причины	Как избежать дефектов
	Пористость выход пор на поверхность	<ul style="list-style-type: none"> слишком большая, неконтролируемая амплитуда колебаний электродов перегрев металла свариваемых труб (особенно в случае тонкостенных труб) слишком низкое содержание влаги в покрытии электрода 	<ul style="list-style-type: none"> амплитуда колебаний электродов не больше 2-х диаметров правильный подбор тока и диаметра электрода в зависимости от толщины стенки трубы электроды следует хранить в герметичной упаковке, см. раздел «Хранение» на стр. 11
	Точечная пористость невидимые на поверхности поры	<ul style="list-style-type: none"> недостаток раскислителя в наплавленном металле содержание влаги в покрытии электрода слишком низкое или слишком высокое 	<ul style="list-style-type: none"> избегать слишком высокой скорости сварки электроды следует хранить в герметичной упаковке, см. раздел «Хранение» на стр. 11
	Усадочная раковина в основном, возникает в месте уширения валика, практически без уменьшения площади сечения	<ul style="list-style-type: none"> слишком малый зазор в области корневого шва: дегазация затруднена слишком интенсивным переходом наплавленного металла в металл труб химический состав металла труб: обычно высокое содержание Al 	<ul style="list-style-type: none"> зазор в области корневого шва не менее 1 мм оптимальный зазор для корневого шва -1,5 мм, особенно для сталей с содержанием 0,040 %. Если дефект не устраняется, используйте электрод меньшего диаметра
	Шлаковые включения обычно встречается на поверхностях сварных швов и области корневого шва («колея»)	<ul style="list-style-type: none"> недостаточная зачистка между проходами плохо зачищен корневой шов неправильное обращение с электродом низкий ток 	<ul style="list-style-type: none"> зачищать каждый слой кругами с металлическими щетками тщательная зачистка корневого шва перед горячим проходом правильное манипулирование электродом увеличить силу тока
	Непровар холодный спай	<ul style="list-style-type: none"> недостаточное расплавление кромок низкий ток загрязнение и/или окисление кромок 	<ul style="list-style-type: none"> правильный выбор силы тока, соответствующего диаметру электрода и положению сварки тщательная зачистка кромок
	Закалочные трещины большой частью в зоне термического влияния	<ul style="list-style-type: none"> комбинированное воздействие, связанное с выделением водорода и возникновением напряжения при закалке 	<ul style="list-style-type: none"> предварительный подогрев труб для ускорения истечения водорода, увеличить тепловложение избегать смещения труб закалке в основном подвергается область корневого слоя, поэтому горячий слой должен свариваться сразу после завершения корневого слоя
	Трещины, вызванные механическими напряжениями обычно в области корневого шва	<ul style="list-style-type: none"> перемещение труб во время сварки корневого шва и/или до выполнения горячего прохода большое смещение кромок, в результате чего уменьшается сечение корневого шва и повышается вероятность образования 	<ul style="list-style-type: none"> избегать перемещения труб, особенно во время сварки корневого шва руководствоваться соответствующими нормативами и техническими спецификациями относительно максимально допустимого смещения кромок и, в любом случае, сводить его к минимуму
	Подрез в области корневого и облицовочного шва	<ul style="list-style-type: none"> большой ток неправильная процедура сварки 	<ul style="list-style-type: none"> правильный подбор силы тока и диаметра электрода
	Чрезмерное усиление	<ul style="list-style-type: none"> Неправильная процедура сварки 	<ul style="list-style-type: none"> правильный подбор силы тока и ширины зазора определение максимального усиления облицовочного слоя до нанесения запляющих слоев (напр., наплавкой дополнительных слоев или удалением шлифкругами избыточной наплавки)
	Провисание корневого слоя	<ul style="list-style-type: none"> большой ток плохая подготовка соединения, слишком большой зазор в области корневого шва 	<ul style="list-style-type: none"> правильный подбор значения силы тока, подходящего для разделки кромки для корневого шва
	Следы зажигания	<ul style="list-style-type: none"> следы зажигания дуги справа и слева от соединения образуют зоны закалывания, появляется вероятность образования закалочных трещин 	<ul style="list-style-type: none"> зажигать дугу в разделке стыка

Сварка электродами с основным покрытием

Марки стали API	Электроды с основным покрытием				
	FOX BVD E 8018-G	FOX BVD 85 E 8018-G	FOX BVD 90 E 9018-G	FOX BVD 100 E 10018-G	FOX BVD 110 E 11018-G
A					
B					
X 42					
X 46					
X 52					
X 56					
X 60					
X 65					
X 70					
X 80					
X 100					
Марки стали EN					
L210					
L245MB					
L290MB					
L320M					
L360MB					
L385M					
L415MB					
L450MB					
L485MB					
L555MB					

 только для сварки корневого шва

 для облицовочного и заполняющих слоев

Электроды с основным покрытием для сварки в положении сверху вниз обладают отличными сварочно-технологическими свойствами, обеспечивают высокие механические свойства при низком содержании водорода в наплавленном металле. При сварке этим типом электродов заполняющих и облицовочных слоев производительность такая же, как при работе с электродами с целлюлозным покрытием. Однако, при сварке корневого шва, этот тип электродов уступает электродам с целлюлозным покрытием. Поэтому, обычно рекомендуется проводить сварку корневого и горячего шва электродами с целлюлозным покрытием, а заполняющих и

облицовочных швов - электродами с основным покрытием. Низководородные электроды для работы в положении сверху вниз используются для сварки толстостенных труб из сталей прочностного класса API X 80 или X 100, а также в тех случаях, когда предъявляются высокие требования к ударной вязкости соединения.

Другая область применения: надземные участки трубопроводов (AGI), трубопроводы, прокладываемые в сложном рельефе, части водных переходов, где использование электродов с целлюлозным покрытием запрещено.

Издано компанией BÖHLER WELDING

Böhler Schweißtechnik Austria GmbH

Böhler-Welding-St. 1

8605 Kapfenberg / AUSTRIA

☎ +43 (0) 3862-301-0

☎ +43 (0) 3862-301-95193

✉ postmaster.bsga@bsga.at

www.boehler-welding.com

Ваш партнер:

www.boehler-welding.com