

Готовятся к выпуску
иллюстрированные пособия
из серии «Библиотечка сварщика»

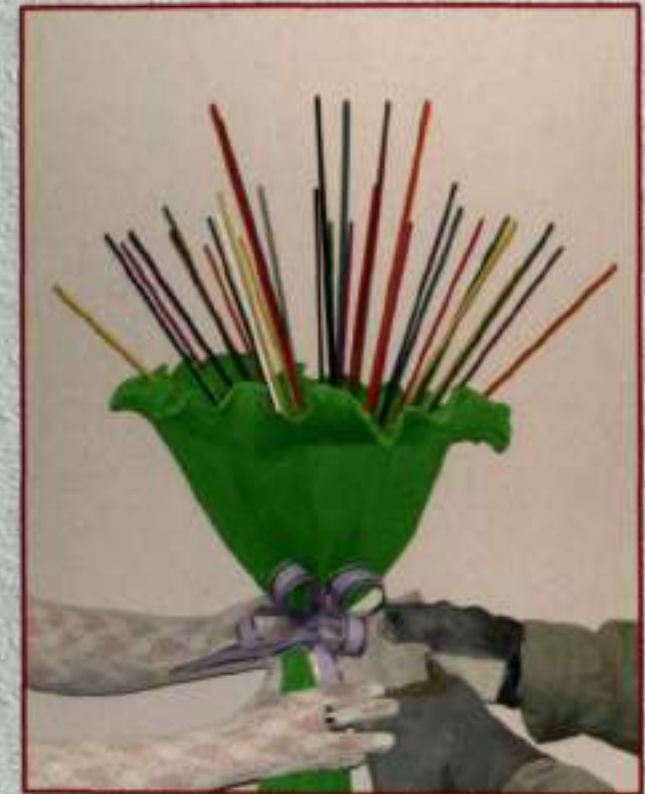
«Сварка при ремонте
легковых автомобилей»
«Сварка сантехнических трубопроводов»

Издательство «Союзло»
выпустило следующие брошюры и плакаты
по сварочному производству:

1. Иллюстрированное пособие сварщика
2. Ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в защитных газах
3. Механизированная сварка плавящимся электродом в защитных газах
4. Ручная сварка при сооружении и ремонте трубопроводов пара и горячей воды
5. Техника безопасности при сварочных работах (комплект из 4-х плакатов)
6. Основы сварочного дела. Сварочная дуга (комплект из 2-х плакатов)

БИБЛИОТЕЧКА СВАРЩИКА

ВЫБОР СВАРОЧНОГО ЭЛЕКТРОДА



Издательство "СОУЭЛО"

УДК 621.794,04

ЮХИН Николай Александрович

ВЫБОР СВАРОЧНОГО ЭЛЕКТРОДА

Учебно-справочное пособие

Под общей редакцией докт. техн. наук **О.И. Стеклова** -
заведующего кафедрой сварки и защиты от коррозии
РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

Рецензент - докт. техн. наук **З.А. Сидлин**

Редактор **А.О. Ключарев**

Художники **В.П. Гасилин, Ю.С. Пахмутов**

Компьютерная верстка - **А.В. Цылев**

Корректор **А.В. Ильин**

Пособие содержит необходимые сведения о классификации, конструкции отечественных покрытых электродов для ручной дуговой сварки, а также об их условных обозначениях. Приведен перечень электродов наиболее распространенных типов и марок (около 220 наименований) с указанием их технических характеристик и назначения. Даны краткие рекомендации по выбору электродов для сварки различных сталей, металлов и сплавов, а также резки и наплавки. В пособие, кроме того, включены таблицы для расчета требуемого количества электродов и данные о примерном соответствии отечественных электродов зарубежным.

© Издательство «СОУЭЛО», 2003

Лицензия ЛР №063516

109028, Москва, Яузский бул., 13, стр. 3

Тел. (095) 956-94-72, 956-94-73 (факс)

www.souelo.ru

Подписано в печать 26.05.2003

Формат 62X94/16 Объем 4,25 п.л.

Отпечатано в А/О «Машмир»

Тираж 2500 экз. Заказ 997

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Сварочный электрод - стержень из электропроводного материала, предназначенный для подвода электрического тока, образования дуги, перемещения ее в пространстве и формирования сварочного шва.

Неплавящийся электрод - электрод, не расплавляющийся в процессе сварки.

Плавящийся электрод - электрод, расплавляющийся при сварке и служащий присадочным материалом.

Покрытый электрод - плавящийся электрод, на поверхности которого есть покрытие, неразрывно связанное с металлом электродного стержня.

Покрытие электрода - смесь веществ, нанесенная на металлический стержень для улучшения ионизации дуги, защиты расплавленного металла от воздуха, металлургической обработки сварочной ванны.

Сварочная проволока - проволока, используемая в качестве плавящегося электрода или присадочного металла при сварке плавлением.

Прямая полярность - полярность, при которой электрод присоединяется к отрицательному полюсу источника питания дуги постоянного тока, а объект сварки - к положительному.

Обратная полярность - полярность, при которой электрод присоединяется к положительному полюсу источника питания дуги постоянного тока, а объект сварки - к отрицательному.

Сварка лежащим электродом - дуговая сварка, при которой неподвижный покрытый электрод укладывается вдоль свариваемых кромок, а дуга перемещается по мере расплавления электрода.

Сварка наклонным электродом - дуговая сварка, при которой покрытый электрод располагается наклонно вдоль свариваемых кромок, опираясь на них, и по мере расплавления движется под действием силы тяжести или пружины, а дуга перемещается вдоль шва.

Коэффициент расплавления - отношение массы электрода, расплавленной за единицу времени горения дуги, к величине сварочного тока.

Коэффициент наплавки - отношение массы металла, наплавленной за единицу времени горения дуги, к величине сварочного тока.

«Котырек» электрода - неравномерная часть покрытия электрода, выступающая над металлическим стержнем в период сварки.

«Примерзание» электрода - прилипание электрода к изделию без образования дуги в начале сварки.

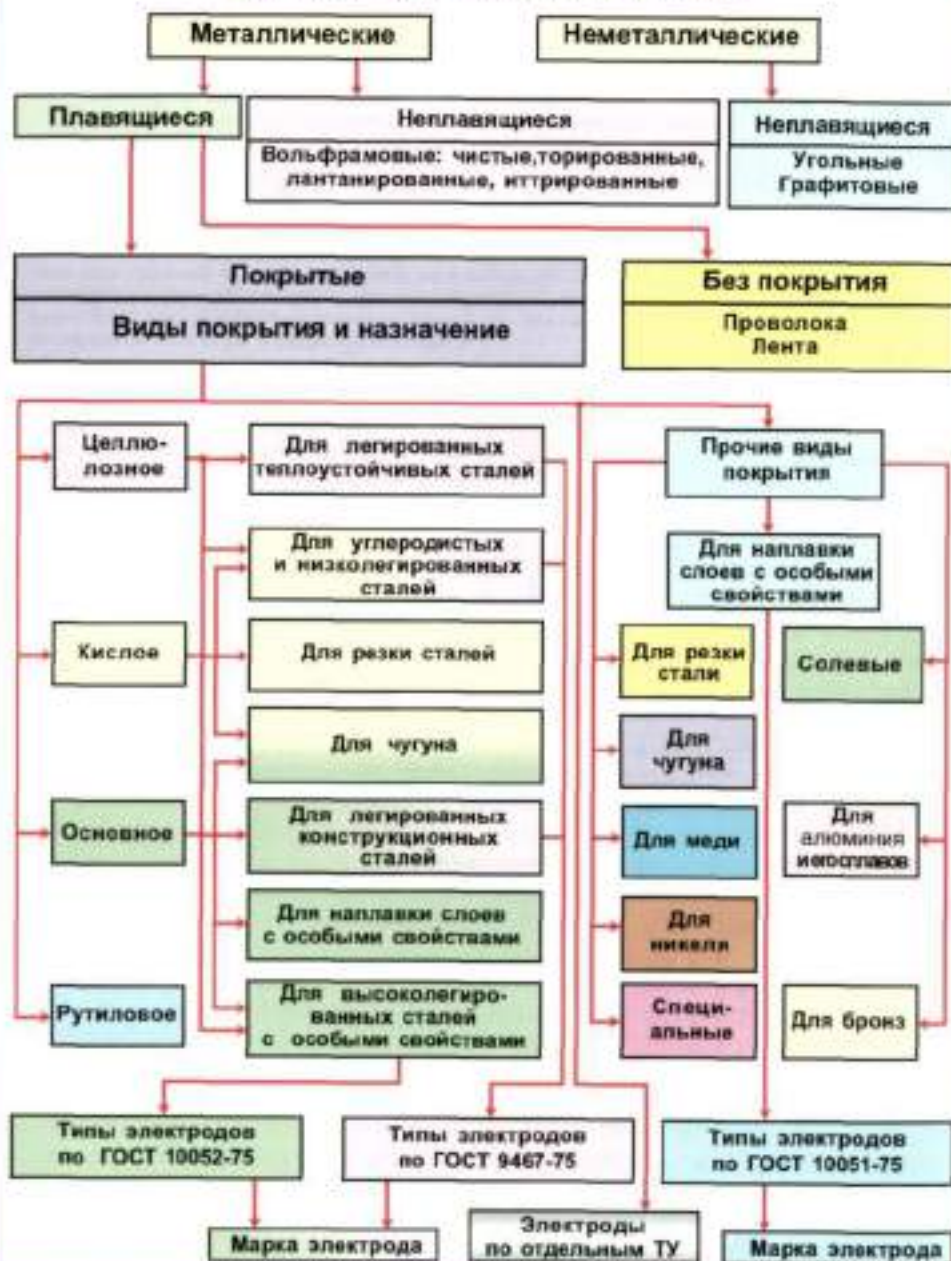
Стартовая пористость - образование пор в начале шва из-за некачественного процесса сварки при зажигании дуги.

Сварка отпиранием - ведение процесса сварки с отпиранием на образовавшийся котырек покрытия и с перемещением дуги по мере обгорания электрода.

«Горячий проход» - второй проход после корневого шва при сварке магистральных газопроводов на максимальном токе электродами с целлюлозным покрытием диаметром 4 или 5 мм для частичного переплавления шва и его отжига. Проводится через 10 мин после сварки корневого шва.

Гигроскопичность - способность материала поглощать влагу из воздуха.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ СВАРКИ, НАПЛАВКИ И РЕЗКИ

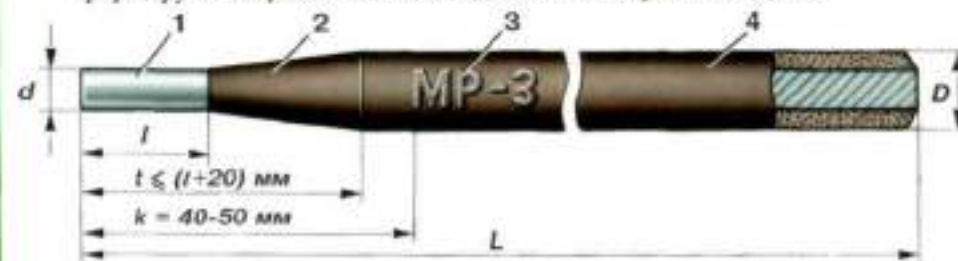


ПОКРЫТЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ

Назначение. Для ручной дуговой сварки металлоконструкций широкого использования из различных сталей, металлов и сплавов, для наплавки слоев с особыми свойствами на поверхности деталей и узлов, а также для дуговой резки и строжки металлов.

Функции:

- подводит электрический ток к дуговому промежутку;
- зажигают дугу и перемещают ее в пространстве;
- регулируют токовый режим в процессе сварки;
- расплавляют основной и присадочный металл;
- формируют сварочную ванну;
- формируют сварной шов необходимой геометрии и качества.



1 - стержень; 2 - участок перехода; 3 - марка электрода; 4 - покрытие

Размеры электродов, мм

Номинальный диаметр* - d, определяемый диаметром стержня	Номинальная длина** - L электрода со стержнем из сварочной проволоки (предельное отклонение ± 3)		Длина - l зачищенного от покрытия конца*** (предельное отклонение ± 5)
	из низкоуглеродистой или легированной стали	из высоколегированной стали	
1,6	200, 250	150, 200, (250)****	20
2,0	250, (300)	200, 250, (300)	
2,5	250, 300, (350)	250, (300)	25
3,0	300, 350, (450)	300, 350	
4,0	350, 450	350, (450)	30
5,0; 6,0; 8,0	450	350, 450	

* - Допускается изготавливать электроды диаметром 3,15; 3,25; 6,3; 12,5 мм. ** - По соглашению между изготовителем и потребителем может быть установлена иная длина. *** - На контактный торок может быть нанесен слой konkurрирующего вещества, облегчающего возбуждение дуги. **** - Размеры, указанные в скобках, при изготовлении электродов использовать не рекомендуется.

Классификация покрытых электродов

По типам	По маркам	По диаметрам	По толщине покрытия
Э38...Э60	АНО-1	1,6 2,0	М - с тонким покрытием
Э85, Э100	ОЗС-6	2,5 3,0	С - со средним покрытием
Э125, Э150	МР-3	4,0 5,0	Д - с толстым покрытием
Э-09МХ... и др.	УОНИ-13/45	6,0 8,0	Г - с особо толстым покрытием
Э-07ХОН... и др.	другие		
Э-10Г2... и др.			
По назначению	По видам покрытия	По пространственным положениям	По роду тока, полярности, $U_{\text{н}}$ источника - тока
У - для углеродистых и низколегированных сталей	А - кислое	1 - во всех	Индекс Полярность = тока $U_{\text{н}}$ тр-ра, В
Л - для легированных конструкционных сталей	Б - основное	2 - во всех, кроме вертикального "сверху-вниз"	6 Обратная (+) -
Т - для легированных теплоустойчивых сталей	Р - рутиловое	3 - нижнее, горизонтальное и вертикальное "снизу-вверх"	1 Любая (+,-) 50
В - для высоколегированных сталей с особыми свойствами	Ц - целлюлозное	4 - нижнее, горизонтальное и вертикальное "снизу-вверх"	2 Прямая (+) 50
Н - для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами	П - прочие виды		3 Обратная (+) 50
	АЦ, РБ и др. - смешанные		4 Любая (+,-) 70
	АЖ и др. - покрытие с железным порошком		5 Прямая (+) 70
			6 Обратная (+) 70
			7 Любая (+,-) 90
			8 Прямая (+) 90
			9 Обратная (+) 90

Электродные покрытия

Назначение. Для выполнения ряда функций, позволяющих получить сварной шов требуемых свойств и установленного качества.

Функции основные:

- защита дуги от контакта с газами атмосферы (кислород, азот, водород);
- защита металла сварочной ванны расплавленным шлаком от окисления, азотирования и наводороживания;
- защита кристаллизующегося шва от зашлаковки, порообразования, кристаллизационных трещин шлаковой системой;

Функции дополнительные: стабилизация процессов зажигания дуги и её горения в широком диапазоне рабочих режимов; раскисление металла сварочной ванны; рафинирование металла шва; легирование сварного шва.

Виды покрытий
Кислое - А

Характеристики. Такие электроды малочувствительны к образованию пор в швах при наличии окислы и ржавчины на кромках свариваемого металла. Обладают малой склонностью к порообразованию при сварке длинной дугой и на форсированных режимах. Высокопроизводительны. Обеспечивают стабильность процесса сварки на переменном токе и легкое зажигание дуги при невысоком напряжении холостого хода источника питания.

Металл шва соответствует кипящей стали. Наводороживание металла шва ограничивает использование таких электродов для сварки закаляющихся углеродистых и легированных сталей.

Для электродов с кислым покрытием недопустима высокотемпературная прокатка. Недостаточная отделяемость шлака способствует «защлаковке» шва при многослойной сварке. К недостаткам этих электродов следует отнести повышенное разбрызгивание и высокую токсичность.

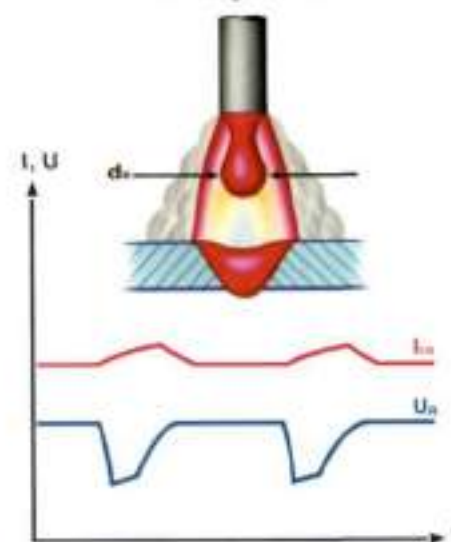
Применение. Для сварки ответственных конструкций из низколегированных сталей в строительстве и машиностроении. Эффективны при сварке в нижнем положении, но могут быть использованы для вертикальных и горизонтальных швов.

Конструкция покрытия. Электродное покрытие - это смесь измельченных компонентов и связующего вещества, нанесенная на металлический стержень методом опрессовки или (реже) окунанием. Покрытия составляют на базе комбинированной газоплаковой защиты плавящегося металла. В одних видах покрытий имеет место шлаковая защита сварочной ванны, а в других - газовая.

В состав электродных покрытий входят:

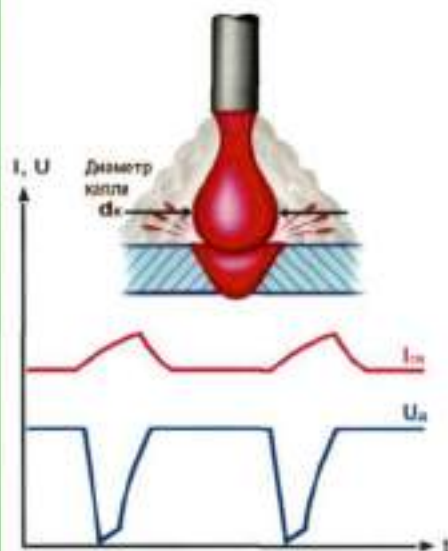
1. **Стабилизирующие элементы** процесса зажигания и горения дуги в виде щелочных и щелочно-земельных металлов: калия, натрия, цезия, кальция.
2. **Газообразующие компоненты**, создающие газовую защиту дуги и сварочной ванны в виде органических веществ: крахмала, древесной муки, декстрина и др.
3. **Шлакообразующие составляющие**: полевой шпат, кремнезем, каолин, тальк, рутиловый концентрат, плавиковый шпат и др.
4. **Раскислители** - вещества, способствующие восстановлению окиси желе-

СРЕДНЕКАПЕЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС
 $4 \text{ мм} > d_e > 1,5 \text{ мм}$



Основное - Б (фтористо-кальциевое)

КРУПНОКАПЕЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС
с короткими замыканиями дуги
 $d_k > 4 \text{ мм}$



с высоким содержанием углерода и серы; низко- и высоколегированных сталей, работающих при больших динамических и знакопеременных нагрузках и коррозионноактивных средах при высоких температурах. Эффективны при многослойной сварке во всех пространственных положениях конструкций с высокой жесткостью, трубопроводов с сероводородной средой.

задействующие большее средство с кислородом, чем железо. В качестве раскислителей используют ферромарганец, ферросилиций, ферротитан и др.

5. *Легированные элементы* (марганец, хром, никель, молибден, ванадий и др.) для придания шву специальных свойств.

6. *Пластификаторы* - составляющие в виде слюды, целлюлозы, бентонита, каолина и др. для повышения пластичности обмазки.

7. *Рафинирующие компоненты* (соединения марганца и окись кальция), выводящие из сварочной ванны серу и фосфор в шлак.

8. *Связующие вещества* - натриевое, калиевое и натриево-калийное жидкое стекло.

Большая часть составляющих покрытия выполняет одновременно несколько функций. Например, мрамор, магнезит и доломит являются как газообразующими, так и шлакообразующими; полевой шпат, слюда, жидкое стекло - шлакообразующими и связующими; ферросплавы - раскислителями и легирующими.

Характеристики. Малая окислительная способность покрытия обеспечивает хорошее раскисление и легирование наплавленного металла. В металле шва понижено содержание водорода, кислорода, примесей серы и фосфора. Шов стоек к образованию горячих трещин и сероводородному растрескиванию.

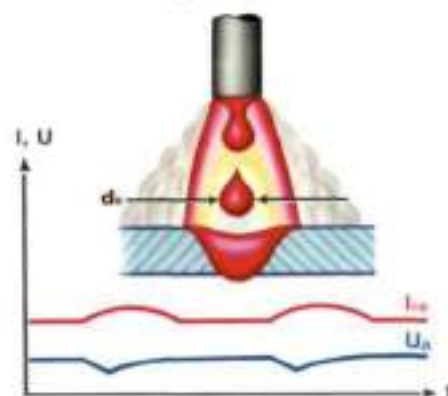
Электроды требуют прокалывания непосредственно перед сваркой, чтобы не возникало пор.

Нестабильность горения дуги позволяет вести сварку только постоянным током обратной полярности. Удлинение дуги и большие зазоры приводят к старению и охрупчиванию металла шва из-за насыщения его азотом.

Применение. Для сварки закалывающихся сталей, склонных к образованию холодных трещин; сталей с повышенным содержанием серы и фосфора; хорошо раскисленных спокойных сталей

Целлюлозное - Ц

МЕЛКОКАПЕЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС
 $d_k < 1,5 \text{ мм}$



Характеристики. Из-за небольшой толщины покрытия количество легкоудаляемого шлака невелико. Благодаря глубокому проплавлению обеспечивается качественная сварка корневого шва без пор и зашлаковок при значительных зазорах стыкуемых кромок. Дуга горит стабильно на переменном и постоянном токах.

При сварке возможно наводороживание металла шва. Он становится склонным к образованию горячих трещин при увеличенном содержании в стали углерода и серы.

Недостатки: разбрызгивание металла и чувствительность электродов к перегреву при прокалывании.

Применение. Эффективны при сварке корневого шва магистральных трубопроводов из низкоуглеродистых сталей. Целесообразны в строительном производстве при односторонней сварке с гарантированным проплавлением корневого шва. Не следует использовать для сварки закалывающихся сталей с повышенным содержанием углерода и легирующих элементов.

Рутитовое - Р

Характеристики. Электроды не склонны к образованию пор в швах при сварке по окатине и ржавчине, не чувствительны к изменениям длины дуги. Позволяют выполнять сварку по загрунтованным покрытиям без снижения механических свойств металла шва. Обеспечивают легкое зажигание дуги, стабильность ее горения как на переменном, так и на постоянном токе. Легко отделяется шлак, разбрызгивание минимально, качественно формируется шов в вертикальном и потолочном положениях. При этом обеспечивается плавный переход шва к основному металлу, что исключает образование усталостных трещин при знакопеременных нагрузках. Малая склонность к образованию пор при зажигании дуги исключает появление пор в кратерах («стартовой пористости»).

Применение. Для сварки конструкций из низколегированных и низкоуглеродистых сталей. При средней и большой толщине покрытия сварка во всех положениях. При особо толстом покрытии - в нижнем положении. Электроды с большим количеством железного порошка используют для сварки среднеуглеродистых сталей. Не следует применять для конструкций, работающих при высоких температурах.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ПОКРЫТЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Структура условного обозначения электрода по ГОСТ 9466-75 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки и наплавки. Классификация и общие технические условия» состоит из 11 обозначений в виде дробей:



В числителе - паспортные данные:

1 ТИП ЭЛЕКТРОДА

Для сварки углеродистых и низколегированных сталей, а также легированных с повышенной и высокой прочностью обозначение состоит из:

- индекса Э - электрод для ручной дуговой сварки и наплавки;
- цифр, следующих за индексом, обозначающих величину предела прочности при растяжении в кгс/мм²;
- индекса А, указывающего, что металл шва имеет повышенные свойства по пластичности и ударной вязкости.

Для сварки теплоустойчивых, высоколегированных сталей и для наплавки обозначение состоит из:

- индекса Э - электрод для ручной дуговой сварки и наплавки;
- дефиса (тире);
- цифры, следующей за индексом, указывающей среднее содержание углерода в сотых долях процента;
- буквы и цифр, определяющих содержание химических элементов в процентах.

Порядок расположения буквенных обозначений химических элементов определяется уменьшением среднего содержания соответствующих элементов в наплавленном металле. При среднем содержании основного химического элемента менее 1,5% число за буквенным обозначением химического элемента не указывается. При среднем содержании в наплавленном металле кремния до 0,8% и марганца до 1,0% буквы С и Г не проставляются.

Азот <i>А</i>	Ниобий <i>Б</i>	Вольфрам <i>В</i>	Марганец <i>Г</i>	Медь <i>Д</i>
Кобальт <i>К</i>	Молибден <i>М</i>	Никель <i>Н</i>	Фосфор <i>П</i>	Бор <i>Р</i>
Кремний <i>С</i>	Титан <i>Т</i>	Ванадий <i>Ф</i>	Хром <i>Х</i>	Цирконий <i>Ц</i>

Для сварки углеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности при разрыве до 490 МПа (50 кгс/мм²) применяют 7 типов электродов: Э 38; Э 42; Э 46; Э 50; Э 42А; Э 46А; Э 50А.

Для сварки углеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности при разрыве от 490 МПа (50 кгс/мм²) до 588 МПа (60 кгс/мм²) применяют 2 типа электродов: Э 55; Э 60.

Для сварки легированных сталей повышенной и высокой прочности с пределом прочности при разрыве свыше 588 МПа (60 кгс/мм²) применяют 5 типов электродов: Э 70; Э 85; Э 100; Э 125; Э 150.

Для сварки теплоустойчивых сталей - 9 типов: Э-09М; Э-09МХ; Э-09Х1М; Э-05Х2М; Э-09Х2М1; Э-09Х1МФ; Э-10Х1МНБФ; Э-10Х3М1БФ; Э-10Х5МФ.

Для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами - 49 типов: Э-12Х13; Э-06Х13Н; Э-10Х17Т; Э-12Х11НМФ; Э-12Х11НВМФ и другие.

Для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами - 44 типа: Э-10Г2; Э-10Г3; Э-12Г4; Э-15Г5; Э-16Г2ХМ; Э-30Г2ХМ и другие.

2 МАРКА ЭЛЕКТРОДА

Каждому типу электрода может соответствовать одна или несколько марок.

3 ДИАМЕТР ЭЛЕКТРОДА, мм

Диаметр электрода соответствует диаметру металлического стержня.

4 НАЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОДА

Для сварки углеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности при растяжении до 588 МПа (60 кгс/мм²) - маркируется буквой У;

Для сварки легированных конструкционных сталей с пределом прочности при растяжении свыше 588 МПа (60 кгс/мм²) - маркируется буквой Л;

Для сварки теплоустойчивых сталей - маркируется буквой Т;

Для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами - маркируется буквой В;

Для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами - буквой Н.

5 КОЭФФИЦИЕНТ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ

В зависимости от отношения диаметра покрытия электрода D к диаметру электродного стержня d электроды подразделяются на следующие группы:

с тонким покрытием ($D/d \leq 1,2$) - маркируется буквой М;

со средним покрытием ($1,2 < D/d \leq 1,45$) - С;

с толстым покрытием ($1,45 < D/d \leq 1,8$) - Д;

с особо толстым покрытием ($D/d > 1,8$) - Г.

В знаменателе - кодированное обозначение (код):

буква Е - международное обозначение плавящегося покрытого электрода.

6

ГРУППА ИНДЕКСОВ, УКАЗЫВАЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛА ШВА ИЛИ НАПЛАВЛЯЕМОГО МЕТАЛЛА

6.1. Для электродов, применяемых для сварки углеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности при растяжении до 588 МПа (60 кгс/мм²)

Группа индексов	Минимальное значение показателей механических свойств наплавленного металла и металла шва при нормальной температуре			Минимальная температура, при которой ударная вязкость не менее 34 Дж/см ² (3,5 кгс/см ²)
	Предел прочности при растяжении		Относительное удлинение	
	σ_b , МПа	σ_b , кгс/мм ²		
37 0	370	38	При любом значении	При любом значении
41 0	410	42	Менее 20	Не регламентирована
41 1	410	42	20	+ 20
41 2	410	42	22	0
41 3	410	42	24	- 20
41 4	410	42	24	- 30
41 5	410	42	24	- 40
41 6	410	42	24	- 50
41 7	410	42	24	- 60
43 0	430	44	Менее 20	Не регламентирована
43 1	430	44	20	+ 20
43 2	430	44	22	0
43 3	430	44	24	- 20
43 4	430	44	24	- 30
43 5	430	44	24	- 40
43 6	430	44	24	- 50
43 7	430	44	24	- 60
51 0	510	52	Менее 18	Не регламентирована
51 1	510	52	18	+ 20
51 2	510	52	18	0
51 3	510	52	20	- 20
51 4	510	52	20	- 30
51 5	510	52	20	- 40
51 6	510	52	20	- 50
51 7	510	52	20	- 60

Пример: E-51 3

6.2. В условном обозначении электродов для сварки легированных сталей с пределом прочности при растяжении свыше 588 МПа (60 кгс/мм²) первый индекс двузначного числа соответствует среднему содержанию углерода в шве в сотых долях процента; последующие индексы из букв и цифр показывают содержание

Минимальная температура, при которой ударная вязкость металла шва и наплавленного металла составляет не менее 34 Дж/см ² (3,5 кгс/см ²), °C	Индекс
Не регламентируется	0
+ 20	1
0	2
- 20	3
- 30	4
- 40	5
- 50	6
- 60	7

элементов в процентах в металле шва; последний цифровой индекс, проставляемый через дефис, характеризует минимальную температуру °C, при которой ударная вязкость металла шва составляет не менее 34 Дж/см² (3,5 кгс/см²).
Пример: E-12X2Г2-3 означает 0,12% углерода, 2% хрома, 2% марганца в металле шва и при -20 °C имеет ударную вязкость 34 Дж/см² (3,5 кгс/см²).

6.3. В условном обозначении электродов для сварки теплоустойчивых сталей содержатся два индекса: первый указывает минимальную температуру, при которой ударная вязкость металла шва составляет не менее 34 Дж/см² (3,5 кгс/см²); второй индекс - максимальную температуру, при которой регламентированы показатели длительной прочности металла шва.

Минимальная температура, при которой ударная вязкость металла шва не менее 34 Дж/см ² (3,5 кгс/см ²), °C		Максимальная рабочая температура, при которой регламентируется длительная прочность металла шва	
Индекс	°C	Индекс	°C
0	-	0	< 450
1	+ 20	1	450 - 465
2	0	2	470 - 485
3	- 20	3	490 - 505
4	- 30	4	510 - 525
5	- 40	5	530 - 545
6	- 50	6	550 - 565
7	- 60	7	570 - 585
		8	590 - 600
		9	> 600

Пример: E-04

6.4 Электроды для сварки высоколегированных сталей кодируются группой индексов, состоящих из трёх или четырёх цифр:

первый индекс характеризует стойкость металла шва к межкристаллитной коррозии;

второй указывает максимальную рабочую температуру, при которой регламентированы показатели длительной прочности металла шва (жаропрочность);

третий индекс указывает максимальную рабочую температуру сварных соединений, до которой допускается применение электродов при сварке жаростойких сталей;

четвертый индекс указывает содержание ферритной фазы в металле шва.

Стойкость к межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6032-89		Индекс	Максимальная рабочая температура, °С		Содержание ферритной фазы в металле шва		
			по жаропрочности	по жаростойкости	Индекс	%	
Индекс	Метод испытаний						
0	-	0	-	-	0	Неразличим	
2	АМ и АМУ	1	До 500	До 600	1	0,5 - 4,0	
3	Б	2	510 - 550	610 - 650	2	2,0 - 4,0	
4	В и ВУ	3	560 - 600	660 - 700	3	2,0 - 5,5	
5	Д	4	610 - 650	710 - 750	4	2,0 - 8,0	
		5	660 - 700	760 - 800	5	2,0 - 10	
		6	710 - 750	810 - 900	6	4,0 - 10	
		7	760 - 800	910 - 1000	7	5,0 - 15	
		8	810 - 850	1010 - 1100	8	10 - 20	
		9	Свыше 850	Свыше 1100			

Пример: E - 2453

6.5 Условное обозначение электродов для наплавки поверхностных слоёв состоит из двух частей:

первый индекс указывает среднюю твёрдость наплавленного металла и выражается дробью: в числителе - твёрдость по Виккерсу, в знаменателе - по Роквеллу;

второй индекс указывает, что твёрдость наплавленного металла обеспечивается:

- без термической обработки после наплавки - 1;

- после термической обработки - 2

Индекс	Твердость		Индекс	Твердость	
	по Виккерсу	по Роквеллу		по Виккерсу	по Роквеллу
200 / 17	175 - 224	до 23	700 / 58	675 - 724	59
250 / 25	225 - 274	24 - 30	750 / 60	725 - 774	60 - 61
300 / 32	275 - 324	30,5 - 37,0	800 / 61	775 - 824	62
350 / 37	325 - 374	32,5 - 40,0	850 / 62	825 - 874	63 - 64
400 / 41	375 - 424	40,5 - 44,5	900 / 64	875 - 924	65
450 / 45	425 - 474	45,5 - 48,5	950 / 65	925 - 974	66
500 / 48	475 - 524	48,0	1000 / 66	975 - 1024	66,5 - 68,0
550 / 50	525 - 574	50 - 52,5	1050 / 68	1025 - 1074	69
600 / 53	575 - 624	53 - 55,5	1100 / 69	1075 - 1124	70
650 / 56	625 - 674	56 - 58,5	1150 / 70	1125 - 1174	71 - 72

Пример: E - 300/32-1 - Твердость наплавленного слоя без термообработки.

7 ОБОЗНАЧЕНИЕ ВИДА ПОКРЫТИЯ

А, Б, Ц, Р - см. с. 5-7; смешанного типа: АР - цикло-рутиловое; РБ - рутитово-основное и т.п.; П - прочие. При наличии в покрытии железного порошка более 20% добавляется буква Ж. Например, АЖ.

8 ОБОЗНАЧЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

1 - для всех положений. 2 - для всех положений, кроме вертикального «сверху-вниз». 3 - для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального «снизу-вверх». 4 - для нижнего и нижнего «в лодочку».

9 ОБОЗНАЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СВАРОЧНОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ХОЛОСТОГО ХОДА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Полярность постоянного тока	U _н источника переменного тока, В		Индекс
	Номинальный	Пред. отклонение	
Обратная	-	-	0
Любая	-	-	1
Прямая	50	±5	2
Обратная			3
Любая	70	±10	4
Прямая			5
Обратная			6
Любая	90	±5	7
Прямая			8
Обратная			9

10 СТАНДАРТ НА СТРУКТУРУ УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ

ГОСТ 9466-75 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки и наплавки. Классификация и общие технические условия».

11 СТАНДАРТ НА ТИПЫ ЭЛЕКТРОДОВ

ГОСТ 9467-75 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструктивных и теплоустойчивых сталей».

ГОСТ 10051-75 «Электроды покрытые металлическими для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами».

ГОСТ 10052-75 «Электроды покрытые металлическими для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами».

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОКРЫТЫМ ЭЛЕКТРОДАМ

Электроды должны быть изготовлены согласно указанным ГОСТам, а также стандартам или техническим условиям на электроды конкретных марок.

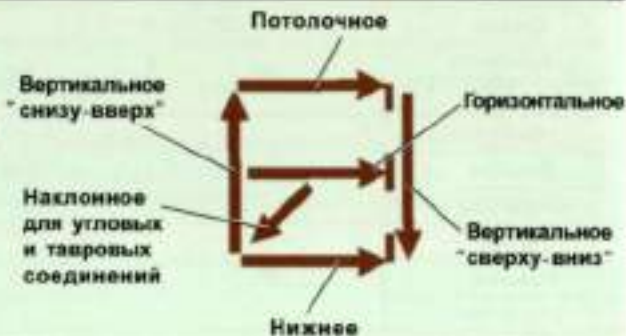
Электроды должны обладать следующими свойствами:

- покрытие - плотное, прочное, без вдутий, пор, трещин и неровностей;
- дуга легко зажигается и стабильно горит в рабочем диапазоне режимов;
- покрытие расплавляется равномерно с металлическим стержнем;
- разбрызгивание электродного металла - минимально;
- не допускается образование «козырька» из-за несимметричности обмазки;
- образующийся шлак легко удаляется после остывания;
- металл шва должен быть без трещин, надрывов и поверхностных пор;
- количество внутренних пор и шлаковых включений в металле шва не должно превышать установленных норм;
- при расплавлении покрытие не должно выделять токсичных аэрозолей.

Перед сваркой электроды должны быть прокалены по режимам:

Покрытие	Кислое	Рутитовое	Основное	Целлюлозное
Температура, °С	120	150 - 170	300 - 400	60
Продолжительность, ч	1	1	1 - 1,5	1

Международные обозначения пространственных положений швов, для которых предназначены электроды



ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ УГЛЕРОДИСТЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Получение металла шва, равнопрочного основному, обеспечивается выбором типа электрода, который регламентирует прочностные характеристики сварного соединения. Следует учитывать, что применение электродов с повышенными механическими свойствами наплавленного металла, например, по пределу прочности при растяжении, может привести к снижению работоспособности сварной конструкции.

Для сварки кипящих сталей используют электроды с любым покрытием.

Для сварки полустойких сталей при больших толщинах следует применять электроды с покрытиями основного или рутилового видов.

Сварка конструкций из спокойной стали, работающих при низких температурах или при динамических нагрузках, должна выполняться электродами с основным покрытием.

Стабильность горения дуги влияет на качество швов и на возможность сварки переменным током. Наиболее стабильно дуга горит при электродах с целлюлозным, кислым и рутиловым покрытиями. Это позволяет использовать сварочные трансформаторы. Для электродов с основным покрытием требуются только источники постоянного тока.

В наклонном, вертикальном и потолочном положениях шов лучше формируется при электродах с целлюлозным покрытием, так как мелкокапельный перенос электродного металла и высокая вязкость шлака обеспечивают качественное ведение сварки. Хуже формируется шов при электродах с основным покрытием.

При сварке толстостенных конструкций многослойными швами отделимость шлака является существенным показателем. Электроды с рутиловым, целлюлозным и кислым покрытиями обеспечивают лучшую отделимость шлака по сравнению с основным покрытием.

Сварка электродами с основным покрытием требует тщательной очистки кромок от ржавчины, масла, грязи во избежание порообразования. Кроме того, электроды с основным покрытием склонны к порообразованию в начальный момент сварки и при сварке длинной дугой.

Обозначения в таблицах:

- = - постоянный ток; ~ - переменный ток;
- = (+, -) - постоянный ток любой полярности;
- = (-) - постоянный ток прямой полярности;
- = (+) - постоянный ток обратной полярности;
- $U_{\text{ис}}$ - напряжение холостого хода источника питания сварочной дуги

Характеристики электродов
для сварки углеродистых и низколегированных сталей

Тип Э42		Для сталей с пределом прочности при растяжении до 412 МПа (42 кгс/мм ²)			Положение в пространстве
Марка Обозначение кода по ГОСТ Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род тока полярность тока	Коэф-нт наплавления, г/А·ч		
«Огонек» E410 - P16	P	$\sim (+)$	6,5	Для изделий из стали толщиной 1-3 мм. Сварку можно выполнять способом «сверху-вниз»	
ANO-6 E410(1) - AP21	AP	$\sim (+, -)$	9,0		
ANO-6M E410(1) - AP21	AP	$\sim (+, -)$	8,5	Сварка короткой или средней дугой. Легко отделяется шлак. Минимальное разбрызгивание. Малая склонность к образованию пор и горячих трещин. $U_{\text{н}} \geq 50$ В	
ANO-17 E410(1) - APЖ21	APЖ	$\sim (+, -)$	11,0	Высокопроизводительные. Для сварки металла большой толщины длинными швами. Малая чувствительность к порообразованию при сварке по окисленной поверхности. $U_{\text{н}} \geq 50$ В	
BCЦ-4 E410(3) - Ц10	Ц	$\sim (+)$	10,0	Сварка трубопроводов без колебаний электрода опиранием на кромки «сверху-вниз». Корень шва - на постоянном токе любой полярности, «горячий» проход - на обратной полярности. Оставлять огарок не менее 50 мм	
BCЦ-4M E510(3) - Ц10	Ц	$\sim (+, -)$	9,0	Сварка корневого шва и «горячего» прохода стыков трубопроводов. Позволяют вести сварку способом «сверху-вниз» опиранием электрода. Обеспечивают стойкость против образования пор	

Характеристики электродов
для сварки углеродистых и низколегированных сталей

O3C-23 E410 - P23	P	$\sim (+)$	8,5	Для сварки конструкций малой толщины по окисленной поверхности. Малая чувствительность к порообразованию. Низкая токсичность. $U_{\text{н}} \geq 50$ В	
OMA-2 E412 - AЦ16	AЦ	$\sim (+)$	10,0	Для сварки ответственных металлоконструкций малой толщины (0,8 - 3,0 мм). Сварка удлиненной дугой по окисленной поверхности. Электроды с малой проплавающей способностью. $U_{\text{н}} \geq 60$ В	
Тип Э42А Стали с пределом прочности при растяжении до 412 МПа (42 кгс/мм ²) с высокими требованиями к шву по пластичности и ударной вязкости					
YONИ-13/45 E412(4) - B20	Б	$\sim (+)$	10,0	Для сварки ответственных конструкций, работающих при пониженных температурах. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам	
YONИ-13/45A E414 - B20	Б	$\sim (+)$	10,0	Для сварки ответственных конструкций из сталей типа СХЛ-4, МС-1, СтЗсп и им подобных. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам	
YONИИ-13/45 E412(4) - B20	Б	$\sim (+)$	10,0	Для сварки ответственных конструкций, работающих при пониженных температурах. Сварка предельно короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам	
YONИИ-13/45A E414 - B20	Б	$\sim (+)$	9,5	Для сварки ответственных конструкций, работающих при пониженных температурах. Сварка предельно короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам	
YONИИ-13/45P E412(3) - B20	Б	$\sim (+)$	9,5	Для сварки судостроительных сталей. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Высокая стойкость металла шва к образованию горячих трещин	

Характеристики электродов
для сварки углеродистых и низколегированных сталей

Тип Э46		Для сталей с пределом прочности при растяжении до 451 МПа (46 кгс / мм ²)		
АНО-4 E431(3) - P21	P	$\tilde{= (+, -)}$	8,7	
Для сварки простых и ответственных конструкций всех групп и степеней раскисления. Сварка дугой средней длины. Допускается по незачищенным кромкам. Не склонны к порообразованию при повышенной величине тока. $U_{\text{н}} \geq 50\text{В}$				
АНО-4И E431 - AP21	AP	$\tilde{= (+, -)}$	9,0	
Для различных металлоконструкций из углеродистых сталей. $U_{\text{н}} \geq 50\text{В}$				
АНО-13 E432(3) - PЦ11	PЦ	$\tilde{= (+, -)}$	8,5	
Для вертикальных угловых, нахлесточных и стыковых швов способом «сверху - вниз». Сварка короткой или средней дугой. Можно по незачищенным кромкам. Металл шва стоек к образованию горячих трещин. Покрытие гигроскопично. $U_{\text{н}} \geq 50\text{В}$				
АНО-21 E433 - P11	P	$\tilde{= (+, -)}$	8,5	
Для простых и ответственных конструкций из углеродистых сталей всех групп и степеней раскисления. Сварка удлиненной дугой по незачищенным кромкам. $U_{\text{н}} \geq 50\text{В}$				
АНО-24 E432(3) - AP21	AP	$\tilde{= (+, -)}$	8,5	
Для сварки в монтажных условиях. Сварка удлиненной дугой по незачищенным кромкам. Малая склонность к образованию подрезов. $U_{\text{н}} \geq 50\text{В}$				
АНО-34 E431(2) - P21	P	$\tilde{= (+, -)}$	8,5	
В нижнем положении электрод отклонять на 20-40° от вертикали в направлении сварки. Сварка возможна удлиненной дугой по окисленной поверхности. $U_{\text{н}} \geq 50\text{В}$				
ЭЛЗ-С-1 E433 - P21	P	$\tilde{= (+)}$	9,5	
Для сварки низкоуглеродистых, углеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности при растяжении до 490 МПа. $U_{\text{н}} \geq 50\text{В}$				

Характеристики электродов
для сварки углеродистых и низколегированных сталей

ВРМ-26 E432(3) - PЦЖ36	PЦЖ	$\tilde{= (+)}$	10,5	
Для конструкций и трубопроводов из углеродистых сталей с содержанием углерода до 0,25%. $U_{\text{н}} \geq 50\text{В}$				
MP-3 E430(3) - PБ26	PБ	$\tilde{= (+)}$	8,5	
Для ответственных конструкций. Сварка короткой или средней дугой. Поверхности тщательно зачистить от окислыны. Хорошо перекрываются зазоры. При сварке на повышенных токах возможны поры. $U_{\text{н}} \geq 60\text{В}$				
MP-3М E430(3) - PБ26	PБ	$\tilde{= (+, -)}$	8,5	
Для сталей с содержанием углерода до 0,25%. Возможна сварка влажного, ржавого, плохо очищенного от окислов металла. Высокопроизводительны. Сварка средних и больших толщин ведется на повышенных режимах «углом назад». $U_{\text{н}} \geq 60\text{В}$				
MP-3P E430(3) - P26	P	$\tilde{= (+)}$	8,5	
MP-3У E430(3) - P26	P	$\tilde{= (+)}$	8,5	
Для ответственных конструкций из углеродистых сталей. Допускают сварку влажного, ржавого, плохо очищенного от окислов металла. Повышенная производительность. В нижнем положении сварка «углом вперед» для средних и малых толщин. $U_{\text{н}} \geq 60\text{В}$				
МЗ3-101 E430 - AP25	AP	$\tilde{= (+)}$	9,0	
МЗ3-102 E430 - P25	P	$\tilde{= (+)}$	9,5	
Трубопроводы пара, горячей воды категорий 3 и 4, т/провода в котлах с рабочим давлением <382 МПа и t<350°С, т/провода поверхностью нагрева котлов с рабочим давлением <490 МПа, газопроводов и т/проводов, неподнадзорных Госгортехнадзору, кроме т/проводов регулирования турбин, маслопроводов. Возможна сварка удлиненной дугой, по окисленной поверхности				
ОЗС-3 E432 - APЖ46	APЖ	$\tilde{= (+)}$	15,0	
Для сварки ответственных деталей. Сварка короткой дугой. Допускается сварка по незачищенным поверхностям. $U_{\text{н}} \geq 60\text{В}$				

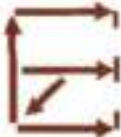

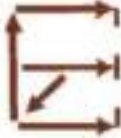


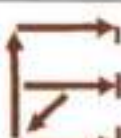
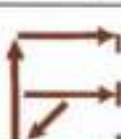
Характеристики электродов
для сварки углеродистых и низколегированных сталей

<p>ОЗС-4 E430(3) - P25</p> <p>Для высокопроизводительной сварки ответственных деталей. Допускается сварка удлиненной дугой и по незачищенным поверхностям. $U_{\text{н}} \geq 60\text{В}$</p>	P	\sim = (-)	9,0	
<p>ОЗС-4И E430(3) - AP24</p> <p>Для ответственных конструкций. Допускают сварку влажного, ржавого, плохо очищенного от окислов металла. Высокая производительность. Сварка в нижнем положении при средних и больших толщинах «углом назад». Средняя длина дуги. $U_{\text{н}} \geq 60\text{В}$</p>	AP	\sim = (+, -)	8,5	
<p>ЛЭЗ ОСЗ-4Т E431(3) - AP26</p> <p>Для конструкций из углеродистых сталей с содержанием углерода до 0,25%</p>	AP	\sim = (+)	8,0	
<p>ОЗС-6 E431 - PЖ23</p> <p>Для высокопроизводительной сварки. Допускается сварка удлиненной дугой, возможна и по окисленной поверхности. $U_{\text{н}} \geq 50\text{В}$</p>	PЖ	\sim = (+)	11,0	
<p>ОЗС-12 E430(3) - P12</p> <p>Рекомендуется для тавровых соединений с получением мелкочешуйчатых вогнутых швов. Легко отделяется шлак. Сварка удлиненной дугой и по окисленной поверхности. $U_{\text{н}} \geq 50\text{В}$</p>	P	\sim = (-)	8,5	
<p>ОЗС-12И E430(3) - AP24</p> <p>Для ответственных конструкций. Допускается сварка влажного, ржавого, плохо очищенного от окислов металла. Высокая производительность. Сварка больших и средних толщин «углом назад» на повышенных режимах тока. Рекомендуется средняя длина дуги</p>	AP	\sim = (+, -)	8,5	
<p>РОТЭКС ОЗС-6 E430(3) - PЖ23</p> <p>Для конструкций из углеродистых сталей. Позволяют вести сварку по окисленной поверхности. Имеют повышенную производительность</p>	PЖ	\sim = (-)	10,0	

Характеристики электродов
для сварки углеродистых и низколегированных сталей

<p>РОТЭКС ОЗС-12 E431(3) - P12</p> <p>Для ответственных конструкций. Облегчают сварку в потолочном положении и сварку неповоротных стыков трубопроводов. Позволяют применять малые токи. Повышенная эффективность при сварке тавровых соединений. Допускается сварка удлиненной дугой по окисленной поверхности</p>	P	\sim = (-)	8,5	
<p>Тип Э46А Для сталей с пределом прочности при растяжении 451 МПа (46 кгс / мм²) при повышенных требованиях к швам по пластичности и ударной вязкости</p>				
<p>ТМУ-46 E432(3) - Б26</p> <p>Для ответственных конструкций, в том числе трубопроводов. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. $U_{\text{н}} \geq 65\text{В}$</p>	Б	\sim = (+)	9,0	
<p>УОНИ-13/55Х E433 - Б20</p> <p>Для ответственных конструкций, работающих при отрицательных температурах и знакопеременных нагрузках. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Металл шва обладает высокой стойкостью к образованию горячих трещин и характеризуется низким содержанием водорода</p>	Б	\sim = (+)	10,0	
<p>АНО-8 E435 - Б20</p> <p>Для сварки конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, работающих при пониженных температурах. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам</p>	Б	\sim = (+)	10,0	
<p>Тип Э50 Для сталей с пределом прочности при растяжении 490 МПа (50 кгс / мм²)</p>				
<p>ВСЦ-4М E510 (3) - Ц10</p> <p>Для сварки корневого слоя и «горячего» прохода стыков трубопроводов и ответственных конструкций из низколегированных сталей. Оба слоя сваривать «сверху-вниз»</p>	Ц	\sim = (+)	13,0	
<p>ВСЦ-4А E510(3) - Ц10</p> <p>Высокопроизводительная сварка корневого шва и «горячего» прохода стыков трубопроводов и ответственных конструкций. Сварка корневого шва без колебаний, опиранием, на постоянном токе любой полярности. «Горячий» проход - после зачистки корневого шва. Оба слоя сваривать «сверху-вниз». Оставлять огарок не менее 50 мм</p>	Ц	\sim = (+)	11,0	

Характеристики электродов
для сварки углеродистых и низколегированных сталей

55-Y <i>E510(2) - B20</i>	Б	\sim = (+, -)	8,5	
Сварка короткой дугой или опиранием по тщательно зачищенным кромкам. $U_{\text{н}} \geq 65\text{В}$				
Тип Э50А Для сталей с пределом прочности при растяжении 490 МПа (50 кгс / мм ²) при повышенных требованиях к швам по пластичности и ударной вязкости				
АНО-27 <i>E515 - БЖ26</i>	БЖ	\sim = (+)	10,5	
Для сварки ответственных конструкций при температуре до - 40 °С. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенной поверхности. Обеспечивают пониженное содержание водорода в швах. $U_{\text{н}} \geq 65\text{В}$				
АНО-Т <i>E515 - Б20</i>	Б	= (+)	10,0	
Для сварки ответственных конструкций и трубопроводов во всех климатических зонах. Сварка корневого шва без подкладных колец. Формирование обратного валика в потолочном положении				
АНО-ТМН <i>E515 - Б26</i>	Б	\sim = (+)	10,5	
Для поворотных стыков нефте- и газопроводов диаметром 59-1420 мм и других ответственных конструкций. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Эффективны для односторонней сварки. $U_{\text{н}} \geq 65\text{В}$				
АНО-ТМ <i>E515 - Б26</i>	Б	\sim = (+)	10,5	
АНО-ТМ/СХ <i>E513 - Б26</i>				
Для ответственных конструкций, в том числе трубопроводов из низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Качественно формируется обратный валик высотой 0,5-3 мм				
ИТС-4 <i>E513 - Б20</i>	Б	= (+)	10,0	
Для судокорпусных сталей Ст3сп, 09Г2, 09Г2С, 10ХСНД, 10Г2С1Д-35, 10Г2С1Д-40 и т.д. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Обеспечивают высокую коррозионную стойкость				
ИТС-4С <i>E513 - Б20</i>	Б	\sim = (+)	9,5	
Для сварки ответственных конструкций в судостроении; стали СХЛ-4, 09Г2 и др. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. $U_{\text{н}} \geq 65\text{В}$				

Характеристики электродов
для сварки углеродистых и низколегированных сталей

ОЗС-18 <i>E514 - Б20</i>	Б	= (+)	9,5	
Для сварки ответственных конструкций из сталей 10ХСНД, 10ХНДП и др. толщиной до 15 мм, стойких против атмосферной коррозии, с низким содержанием водорода				
ОЗС-25 <i>E515 - Б20</i>	Б	= (+)	9,5	
Для сварки ответственных конструкций. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Хорошая отделяемость шлака. Отсутствие подрезов и мелкочешуйчатость шва				
ОЗС/ВНИИСТ-26 <i>E515 - Б20</i>	Б	= (+)	9,4	
Для трубопроводов нефти и газа, загрязненных сероводородом. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Высокая коррозионная стойкость в среде увлажненного до 25% сероводорода				
ОЗС-28 <i>E515 - РБ26</i>	РБ	\sim = (+)	9,5	
Для ответственных конструкций из сталей 09Г2, 10ХСНД и др. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. $U_{\text{н}} \geq 60\text{В}$				
ОЗС-33 <i>E514 - Б24</i>	Б	\sim = (+, -)	9,5	
Для особо ответственных конструкций. Обеспечивают металл шва с высокой стойкостью к образованию горячих трещин и низким содержанием водорода. Сварка короткой или предельно короткой дугой по зачищенным кромкам				
ТМУ-21У <i>E513 - Б20</i>	Б	= (+)	9,5	
Для сталей типа 15ГС и др.; для энергетического оборудования. Для труб с толщиной стенки более 16 мм. Сварка в узкую разделку с обилием углом скоса кромок до 15°. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Легкое зажигание дуги без «стартовой» пористости				
ТМУ-50 <i>E513 - Б26</i>	Б	\sim = (+)	9,0	
Для ответственных конструкций и трубопроводов. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. $U_{\text{н}} \geq 65\text{В}$				

Характеристики электродов
для сварки углеродистых и низколегированных сталей

<p>УОНИ-13/55 <i>E513 - B20</i></p> <p>Для ответственных конструкций, работающих при отрицательных температурах и знакопеременных нагрузках. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Металл шва стоек против образования горячих трещин, имеет низкое содержание водорода</p>	Б	= (+)	9,5	
<p>УОНИ-13/55С <i>E514 - B20</i></p> <p>Для особо ответственных конструкций. Обеспечивают металл шва высокой стойкостью к образованию горячих трещин. Низкое содержание водорода. Сварка только короткой дугой по зачищенным кромкам</p>	Б	= (+)	9,5	
<p>УОНИ-13/55ТЖ <i>E515 - БЖ26</i></p> <p>Для особо ответственных конструкций, работающих при пониженных температурах. Металл шва хорошо противостоит образованию горячих трещин. Низкое содержание водорода. Сварка только короткой дугой по зачищенным кромкам</p>	БЖ	= (+)	9,5	
<p>УОНИИ-13/55Р <i>E512(3) - B20</i></p> <p>Для судостроительных сталей с пределом прочности до 490...660 МПа. Сварка короткой дугой или опиранием по тщательно зачищенным кромкам</p>	Б	= (+)	9,5	
<p>ЛЭЗ ЛБ <i>E514 - БР20</i></p> <p>Для низкоуглеродистых и низколегированных сталей</p>	БР	= (+)	9,0	
<p>ЦУ-5 <i>E511(3) - B20</i></p> <p>Для трубных деталей и теплообменников котлоагрегатов, работающих при температурах до 400 °С. Пониженная склонность к порообразованию. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам</p>	Б	= (+)	9,5	
<p>ЦУ-7 <i>E511(5) - B20</i></p> <p>Для ответственных конструкций, работающих при температурах до 400 °С. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам</p>	Б	= (+)	9,0	

Характеристики электродов
для сварки углеродистых и низколегированных сталей

<p>ЦУ-8 <i>E512(0) - B20</i></p> <p>Для ответственных конструкций, работающих при температурах до 400 °С при малой толщине металла и для сварки труб малых диаметров. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам</p>	Б	= (+)	9,5	
<p>З-138/50Н <i>E513 - B20</i></p> <p>Для тяжело нагруженных швов подводной части судов. Для сталей СтЗС, Ст4С, 09Г2, СХЛ-1, СХЛ-45, МС-1 и др. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Металл шва стоек против коррозии в морской воде</p>	Б	= (+)	9,0	
Тип 355		Для сталей с пределом прочности при растяжении до 539 МПа (55 кгс / мм ²)		
<p>ОЗС/ВНИИСТ-27 <i>E517 - B20</i></p> <p>Для трубопроводов и конструкций из хладостойких низколегированных сталей, работающих при температурах до - 60 °С. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Корневые швы - на постоянном токе прямой полярности</p>	Б	= (+)	9,5	
<p>УОНИ-13/55У <i>E513 - B26</i></p> <p>Для сварки арматуры и рельсов ванным способом, для ответственных конструкций ручной дуговой сваркой. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. При ванном способе значения тока увеличивают в 1,3-1,7 раза. Перерывы во время сварки недопустимы. U_{св} ≥ 65В</p>	Б	= (+)	9,5	
<p>МТТ-02 <i>E517 - B21</i></p> <p>Используются при строительстве и ремонте магистральных нефтегазопроводов и для ответственных металлоконструкций</p>	Б	= (+)	10,0	
Тип 360		Для сталей с пределом прочности при растяжении до 588 МПа (60 кгс / мм ²)		
<p>АНО-ТМ60 <i>E514 - B26</i></p> <p>Для стыковых соединений труб и других ответственных конструкций. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Формирование корневого шва без подкладных элементов и подварки с плавным переходом к основному металлу</p>	Б	= (+)	10,5	

Характеристики электродов
для сварки углеродистых и низколегированных сталей

ВСФ-65 <i>E515 - B20</i>	Б	= (+)	9,5	
Для ответственных конструкций, в том числе магистральных трубопроводов. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
ОЗС-24М <i>E517 - B20</i>	Б	= (+)	9,5	
Для конструкций и трубопроводов из сталей 06Г2НАБ, 12Г2АФЮ, 10ГНМАЮ и др., работающих при температурах до -70 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Металл шва характеризуется высокой хладостойкостью.				
УОНИ-13/65 <i>E513 - B20</i>	Б	= (+)	9,0	
Для ответственных конструкций из углеродистых низколегированных хромистых, хромомолибденовых, хромокремнемарганцевых сталей, работающих при низких температурах. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Высокая стойкость металла шва к горячим трещинам. Низкое содержание водорода.				
МТГ-01К МТГ-03 <i>E517 - B21</i> <i>E517 - B21</i>	Б	= (+,-)	10,0	
Для магистральных нефтепроводов (МТГ-01К - для корневого шва; МТГ-03 для заполнения разделки и облицовки). Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Дуга стабильна, минимальное разбрызгивание, легко удаляется шлак.				

Характеристики электродов
для сварки легированных сталей повышенной прочности

Тип Э70		Для сталей с пределом прочности при растяжении до 686 МПа (70 кгс / мм ²)		
Марка Обозначения кода по ГОСТ Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род полярность тока	Коэфф-нт наплавки, г/Ач	Положение в пространстве
АНО-ТМ70 <i>E - 08Г1Н1М1 - 3 - B26</i>	Б	= (+)	10,5	
Для сварки ответственных конструкций и трубопроводов без подкладных элементов и подварки. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. U _н ≥ 65В				

Характеристики электродов
для сварки легированных сталей повышенной прочности

АНП-1 <i>E - 10Н2Г1ХМ - 5 - B20</i>	Б	= (+)	9,0	
Для сварки ответственных конструкций из сталей 14ХГ2МР, 14ХМНДФР и др., деталей транспортных и дорожных машин, работающих при низких температурах. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
АНП-2 <i>E - 10Г1ХМ - 5 - B20</i>	Б	= (+)	9,0	
Для сварки ответственных конструкций. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
ВСФ-75 <i>E - 09Г2Н1МФ - 3 - B20</i>	Б	= (+)	9,5	
Для трубопроводов и ответственных конструкций при сварке заполняющих и облицовочных слоев. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
48ХН-5 <i>E - 05Н3ГМР - 7 - B20</i>	Б	= (+)	9,5	
Для ответственных конструкций из среднелегированных хладостойких высокопрочных сталей, а также сталей типа АК и судостроительных. Сварка короткой и ультракороткой дугой по зачищенным кромкам.				
Тип Э85 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 833 МПа (85 кгс / мм ²)				
НИАТ-3М <i>E - 13Г1Х1М - 0 - B20</i>	Б	= (+)	10,0	
Для сварки ответственных конструкций из термически упрочняемых сталей. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
УОНИ-13/85 <i>E - 12Г1М1 - 0 - B20</i>	Б	= (+)	8,5	
Для ответственных конструкций из термически упрочняемых сталей до высокого предела прочности: 30ХГСА, 30ХГСНА и др. Сварка только короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Металл шва стоек к горячим трещинам. Низкое содержание водорода.				
УОНИ-13/85У <i>E - 12Г2М - 0 - B26</i>	Б	= (+)	9,5	
Для арматуры и рельсов ванном способом и ручной дуговой сварки конструкций из высокопрочных сталей, работающих при тяжелых нагрузках. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. При ванном способе использовать остающиеся или удаляемые формы.				

Характеристики электродов
для сварки легированных сталей повышенной прочности

Тип Э100					Для сталей с пределом прочности при растяжении до 980 МПа (100 кгс / мм ²)				
АН-ХН7 E - 04НХ31Г1М1Д - 5 - Б20		Б	= (+)	9,6					
Сборка без зазоров. Сварка короткой и средней дугой по тщательно зачищенным кромкам									
ВИ-10-6 E - 18Х1М - 0 - Б20		Б	= (+)	8,0					
Сборка без зазоров. Сварка короткой или средней дугой по тщательно зачищенным кромкам петлеобразными движениями электрода. При быстром охлаждении возможны трещины в кратерах									
ОЗШ-1 E - 16Г2Х1С1М1 - 0 - Б20		Б	= (+)	9,0					
Сварка короткой дугой непрерывно, не допуская охлаждения, по тщательно зачищенным кромкам. Предварительный подогрев до 400-450 °С. Можно использовать для наплавки штампов									

Характеристики электродов
для сварки легированных сталей высокой прочности

Тип Э125					Для сталей с пределом прочности при растяжении свыше 980 МПа (100 кгс / мм ²)				
Марка	Обозначение кода по ГОСТ	Область применения	Технологические особенности	Покрывтие	Род полярность тока	Коэф-нт наплавки, г / А·ч	Положение в пространстве		
НИИ-3М E - 18Х1Г1М - 0 - Б20				Б	= (+)	9,5			
Для сталей 30ХГСНА, 30ХГСН2А и др., термически обрабатываемых на прочность до 1274 МПа (130 кгс/мм ²). Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам									
Тип Э150					Для сталей с пределом прочности при растяжении до 1470 МПа (150 кгс / мм ²)				
НИИАТ-3 E - 18Г2Х1М - 0 - Б20				Б	= (+)	10,0			
Для высокопрочных сталей типа 30ХГСНА с пределом прочности до 1470 МПа (150 кгс/мм ²)									

ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ ЛЕГИРОВАННЫХ ТЕПЛОУСТОЙЧИВЫХ СТАЛЕЙ

Должны в первую очередь обеспечить необходимую *жаропрочность* сварных соединений - способность противостоять механическим нагрузкам при высоких температурах.

Для конструкций, работающих при температурах до 475 °С, используют молибденовые электроды типа Э-09М, а при температурах до 540 °С - хромомолибденовые электроды типов Э-09МХ, Э-09Х1М, Э-09Х2М1 и Э-05Х2М.

Для конструкций, работающих при температурах до 600 °С, применяют хромомолибденованадиевые электроды Э-09Х1МФ, Э-10Х1М1НБФ, Э-10Х3М1БФ.

Электроды Э-10Х5МФ с повышенным содержанием хрома предназначены для сварки конструкций из сталей с повышенным содержанием хрома (12Х5МА, 15Х5М, 15Х5МФА и др.), работающих в агрессивных средах при температурах до 450 °С.

Для сварки теплоустойчивых сталей чаще используют электроды с основным покрытием, обеспечивающие прочность наплавленного металла при повышенных температурах, а также малую склонность к образованию горячих и холодных трещин. Наиболее распространены в цеховых условиях и на монтаже электроды типа ТМЛ, обладающие хорошими технологическими свойствами: малая склонность к образованию «стартовой» и общей пористости благодаря легкому зажиганию и стабильному горению дуги; высокая маневренность при сварке в различных положениях; легко отделяется шлак, что позволяет сваривать в узких и глубоких разделках без зашлаковки.

Характеристики электродов
для сварки легированных теплоустойчивых сталей

Тип Э-09М					Для молибденовых сталей				
Марка	Обозначение кода по ГОСТ	Область применения	Технологические особенности	Покрывтие	Род полярность тока	Коэф-нт наплавки, г / А·ч	Положение в пространстве		
ЦЛ-6 E - 02 - А24				А	= (+,-)	10,5			
УОНИ-13/15М E - 02 - Б20				Б	= (+)	9,0			
ЦУ-3М E - 02 - Б20				Б	= (+)	9,5			
Для сталей 16М, 20М и др., при сварке паропроводов, коллекторов котлов, работающих при температурах до 475 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам									

Характеристики электродов
для сварки легированных теплоустойчивых сталей

Тип Э-09Х1М		Для хромомолибденовых сталей с повышенным содержанием хрома			
УОНИ-13/45 / 08ХМ Е - 04 - Б20	Б	= (+)	9,0		
Для сталей 15МХ, 20ХМ и др., в том числе для сварки трубопроводов и деталей энергетического оборудования, работающих при температурах до 520 °С. Сварка предельно короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-300 °С.					
УОНИ-13ХМ Е - 04 - Б20	Б	= (+)	9,0		
Для сталей 15ХМ, 20ХМ и др., в том числе для сварки трубопроводов и деталей энергетического оборудования, работающих при температурах до 520 °С. Сварка предельно короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-200 °С.					
ТМЛ-1 Е - 05 - Б20	Б	= (+)	10,0		
Для паропроводов, работающих при температурах до 500 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-300 °С. Возможна сварка в узкие разделки.					
Тип Э-05Х2М		Для хромомолибденовых сталей с повышенным содержанием хрома			
48Н-10 Е - 06 - Б20	Б	= (+)	9,5		
Для сталей 12ХМ, 12Х2М1-Л и др., в том числе для сварки паропроводов, работающих при температурах до 550 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-300 °С.					
Тип Э-09Х2М1		Для хромомолибденовых сталей с повышенным содержанием хрома и молибдена			
ЦЛ-55 Е - 06 - Б20	Б	= (+)	9,0		
Для сталей 10Х2М и др., в том числе для сварки трубопроводов, работающих при температурах до 550 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-300 °С.					

Характеристики электродов
для сварки легированных теплоустойчивых сталей

Тип Э-09МХ		Для хромомолибденовых сталей			
УОНИ-13/45МХ Е - 04 - Б20	Б	= (+)	9,5		
Для сталей 12МХ, 15МХ и др., в том числе для сварки трубопроводов, работающих при температурах до 500 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-300 °С.					
ТМЛ-1У Е - 05 - Б20	Б	= (+)	9,0		
Для сталей 12МХ, 15МХ и др., для сварки трубопроводов и деталей энергетического оборудования, работающих при температурах до 540 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Возможна сварка в узкую разделку с углом скоса кромок до 15°. Дуга очень стабильна. Хорошо отделяется шлак.					
ОЗС-11 Е - 04 - Р523	РБ	\sim (+)	8,5		
Для сталей 12МХ, 15МХ, 12ХМФ, 15Х1М1Ф и др., для сварки паропроводов, работающих при температурах до 500 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Сварка сталей толщиной более 12 мм с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-200 °С. Рекомендуются для монтажных работ.					
Тип Э-09Х1МФ		Для хромомолибденованадиевых сталей			
ТМЛ-3 Е - 07 - Б20	Б	= (+)	9,5		
Для сварки неповоротных стыков трубопроводов, работающих при температурах до 575 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 250-350 °С. Шлак легко отделяется. Высокая стойкость металла против образования пор в шве.					
ТМЛ-3У Е - 06 - Б20	Б	= (+)	9,5		
Для сталей 12МХ, 15МХ, 12Х2М1, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФ1, 15Х1М1Ф-Л и др., в т. ч. для трубопроводов, работающих при температурах до 565 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 350-400 °С. Сварка в узкую разделку с углом скоса кромок до 15°.					
ЦЛ-39 Е - 07 - Б20	Б	= (+)	9,0		
Для сталей 12Х1МФ, 12Х2МФСР, 12Х2МФБ и др., в т. ч. для сварки элементов нагрева поверхностей котлов и трубопроводов диаметром до 100 мм с толщиной стенки до 8 мм, работающих при температурах до 575 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 350-400 °С.					

Характеристики электродов
для сварки легированных теплоустойчивых сталей

Тип Э-10Х1М1НФБ		Для хромомолибденованадиевых сталей		
ЦЛ-27А E-07-Б20	Б	= (+)	10,0	
Для сталей 15Х1М1Ф, конструкций из литых, кованных и трубных деталей, работающих при температурах до 570 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 350-400 °С				
ЦЛ-36 E-07-Б20	Б	= (+)	10,5	
Для сталей 15Х1М1Ф, 15Х1М1Ф-Л и др., для сварки паропроводов и арматуры, работающих при температурах до 585 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 300-350 °С				
Тип Э-10Х3М1БФ		Для хромомолибденованадиевоникелевых сталей		
ЦЛ-26М E-08-Б20	Б	= (+)	10,0	
Для сталей 12ХМФБ поверхностей нагрева котлов, работающих при температурах до 600 °С, а также для тонкостенных труб пароперегревателей в монтажных условиях. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 300-350 °С				
ЦЛ-40 E-08-Б26	Б	~ (+)	9,0	
Для сталей 12Х2МФБ, в т.ч. тонкостенных труб пароперегревателей, поверхностей нагрева котлов, работающих при температурах до 600 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 300-350 °С. Изготавливаются диаметром 2,5 мм				
Тип Э-10Х5МФ		Для хромомолибденованадиевых и хромомолибденовых сталей		
ЦЛ-17 E-00-Б20	Б	= (+)	10,5	
Для сталей 15Х5М (Х5М), 12Х5МА, 15Х5МФА в ответственных конструкциях, работающих в агрессивных средах при температурах до 450 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 350-450 °С				

ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ
ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Высокохромистые стали

Стали, содержащие 13% хрома, считаются высокохромистыми нержавеющими. Они обладают стойкостью против атмосферной коррозии и в слабоагрессивных средах. Это стали 08Х13, 12Х13, 20Х13, которые различаются свариваемостью в зависимости от содержания углерода.

При выборе электродов для сварки таких сталей необходимо обеспечить следующие свойства металла шва: стойкость против атмосферной коррозии и в слабоагрессивных средах, жаростойкость до температуры 650 °С и жаропрочность до температуры 550 °С. Этим требованиям удовлетворяют электроды типа Э-12Х13 марок ЛМЗ-1, АНВ-1 и др., которые обеспечивают химический состав, структуру и свойства металла шва, близкие характеристикам основного металла.

Для сварки сталей с пониженным содержанием углерода и дополнительно легированных никелем рекомендуются электроды типа Э-06Х13Н марки ЦЛ-41.

С увеличением количества хрома возрастает коррозионная стойкость и жаростойкость высокохромистых сталей. Содержание 17-18% дает коррозионную стойкость в жидких средах средней агрессивности. Такие стали относятся к кислотостойким: 12Х17, 08Х17Г, 08Х18Г и др. Если количество хрома достигает 25-30%, то возрастает жаростойкость - стойкость против газовой коррозии при температурах до 1100 °С. Это жаростойкие стали: 15Х25Т, 15Х28 и др. Для серо-содержащих сред пригодны стали и электроды, в которых не менее 25% хрома.

Выбор электродов для сварки высокохромистых сталей зависит от количества хрома в свариваемых сталях. Так, для сварки сталей с 17% хрома, к которым предъявляются требования по коррозионной стойкости в жидких окислительных средах или по жаростойкости при температурах до 800 °С, рекомендуются электроды типа Э-10Х17Т марок ВИ-12-6 и др.

Для сварки сталей с 25% хрома следует применять электроды типа Э-08Х24Н6ТАФМ, придающие металлу шва после отпуска высокие пластичность, ударную вязкость и стойкость против межкристаллитной коррозии.

Сварку высокохромистых сталей следует выполнять при умеренных режимах с уменьшенной погонной энергией. После каждого прохода рекомендуется охлаждать металл околошовной зоны до температуры ниже 100 °С, что обеспечивает минимальный рост зерна.

Высокохромистые стали на основе 13% хрома с дополнительным легированием молибденом, ванадием, вольфрамом и ниобием относятся к жаропрочным. Они способны противостоять механическим нагрузкам при высоких температурах. При выборе электродов для этих сталей основное требование - обеспечить необходимый уровень жаропрочности металла шва. Это достигается за счет получения химического состава швов, близкого основному металлу. Такому условию наиболее полно удовлетворяют электроды типов Э-12Х11НМФ марки КТИ-9А, Э-12Х11НВМФ марки КТИ-10, Э-14Х11НВМФ марки ЦЛ-32.

Характеристики электродов
для сварки высоколегированных хромистых сталей

Тип Э-12Х13		Для коррозионностойких сталей			Положение в пространстве
Марка электрода / приспосабли Обозначение кода по ГОСТ Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род покрытия тона	Коэффициент наплавки, г/Ач		
УОНИ-13НЖ / 12Х13 E - 022 - 520	Б	= (+)	10,5		
Для сварки сталей 08Х13, 12Х13, 20Х13 и др., работающих при температурах до 600 °С, а также наплавки уплотнительных поверхностей стальной арматуры. Сварка с предварительным нагревом до 200-250 °С. В атмосфере пара и на воздухе обеспечивают жаропрочность до 540 °С, жаростойкость до 650 °С					
ЛМЗ-1 / 12Х13 E - 022 - 540	Б	= (+)	11,0		
Для сталей 08Х13, 1Х13, 2Х13 и др., работающих в пресной воде и слабоагрессивных средах при нормальной температуре. Для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 300-350 °С. После сварки обязателен отпуск					
АНВ-1 / 12Х13 E - 000 - 520	Б	= (+)	11,0		
Для сталей 08Х13, 12Х13 и др., работающих в пресной воде и слабоагрессивных средах при нормальной температуре. Пригодны для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры. После сварки обязателен отпуск. В атмосфере пара и воздуха обеспечивают жаропрочность до 540 °С и жаростойкость до 650 °С					
Тип Э-10Х17Т		Для коррозионностойких и жаростойких сталей			Положение в пространстве
Марка электрода / приспосабли Обозначение кода по ГОСТ Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род покрытия тона	Коэффициент наплавки, г/Ач		
УОНИ-13НЖ / 10Х17Т E - 205 - 520	Б	= (+)	11,0		
Для сталей 12Х17, 08Х17Т и др., работающих при повышенных температурах и в окислительных средах. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с минимальным тепловложением. Жаростойкость до 800 °С					
ВИ-12-6 / 10Х17Т E - 205 - 520	Б	= (+)	11,0		
Для сталей 12Х17, 08Х17Т и др., работающих в окислительных средах при температурах до 800 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам					

Характеристики электродов
для сварки высоколегированных хромистых сталей

Тип Э-06Х13Н		Для коррозионностойких сталей, легированных никелем			Положение в пространстве
Марка электрода / приспосабли Обозначение кода по ГОСТ Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род покрытия тона	Коэффициент наплавки, г/Ач		
ЦЛ-41 / 06Х14 E - 000 - Р520	РБ	= (+)	11,5		
Для сталей 0Х12НД, 10Х12НД-Л, 06Х12НЗД, 06Х14Н5ДМ и др., работающих при температурах до 400 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим нагревом до 80-120 °С					
Тип Э-12Х11НМФ		Для жаропрочных сталей			Положение в пространстве
Марка электрода / приспосабли Обозначение кода по ГОСТ Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род покрытия тона	Коэффициент наплавки, г/Ач		
КТИ-9А / 12Х11НМФ E - 030 - 520	Б	= (+)	9,5		
Для сталей 15Х11МФ, 15Х11ВФ и др., работающих при температурах до 565 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам					
Тип Э-12Х11НВМФ		Для жаропрочных сталей			Положение в пространстве
Марка электрода / приспосабли Обозначение кода по ГОСТ Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род покрытия тона	Коэффициент наплавки, г/Ач		
КТИ-10 / 10Х11НВМФ E - 032 - 520	Б	= (+)	9,2		
Для сталей 15Х11МФ, 15Х12ВНМФ и 15Х11МФБ-Л, работающих при температурах до 580 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам без колебаний электрода с подогревом до 350-400 °С					
Тип Э-14Х11НВМФ		Для жаропрочных сталей			Положение в пространстве
Марка электрода / приспосабли Обозначение кода по ГОСТ Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род покрытия тона	Коэффициент наплавки, г/Ач		
ЦЛ-32 / 10Х11НВМФ E - 332 - 530	Б	= (+)	9,5		
Для сварки паронагревателей котлов паропроводов из сталей 10Х11В2МФ и др., работающих при температурах до 610 °С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам					
Тип Э-10Х16Н4Б		Для коррозионностойких и жаропрочных сталей			Положение в пространстве
Марка электрода / приспосабли Обозначение кода по ГОСТ Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род покрытия тона	Коэффициент наплавки, г/Ач		
УОНИ-13/ЭП56 / 09Х16Н4Б E - 200 - 520	Б	= (+)	9,0		
Для конструкций из сталей 09Х16Н4Б и др., работающих в агрессивных средах, и для сварки трубопроводов высокого давления					

Электроды для коррозионностойких кислотостойких сталей

Основное требование при выборе электродов для сварки кислотостойких сталей - это обеспечение коррозионной стойкости металла шва в жидких агрессивных средах при нормальных и повышенных температурах и давлениях. К наиболее агрессивным жидким средам относятся кислоты и их растворы, которые обладают как окислительными, так и неокислительными свойствами.

Для сварки конструкций из кислотостойких сталей, работающих в неокислительных жидких средах при температурах до 360 °С и не подвергающихся термической обработке после сварки, рекомендуются электроды марок ЭА-400/10Т, ЭА-400/10У и др., марок ОЗЛ-8, ОЗЛ-12, Л-39 и др., марки ЭА-606/10 и т. п. Термическая обработка сварных соединений, выполненных этими электродами, не допускается.

Для конструкций, работающих в неокислительных или малоокислительных жидких средах, для которых после сварки необходим отпуск, рекомендуются электроды марки ЭА-898/21 и др., которые обеспечивают стойкость шва против межкристаллитной коррозии как в исходном состоянии, так и после отпуска.

Конструкции, которые эксплуатируются в окислительных жидких средах, например в азотной кислоте, рекомендуется сваривать электродами типа Э-08Х19Н10Г2Б марок ЦТ-15, ЗНО-3 и др.

Для низкоуглеродистых кислотостойких сталей, содержащих до 0,03% углерода, используются электроды типов Э-04Х20Н9 марок ОЗЛ-14А, ОЗЛ-36; Э-02Х20Н14Г2М2 марок ОЗЛ-20 и др.

Характеристики электродов
для сварки коррозионностойких кислотостойких сталей

Тип Э-08Х19Н10Г2Б		Для коррозионностойких сталей		
Марка электрода / проволоки Обозначение кода по ГОСТ Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род полярности тока	Коэф-нт наплавки, г/Ач	Положение в пространстве
ЦТ-15 / 07Х19Н10Б E - 2453 - Б20	Б	= (+)	11,0	
ЗНО-3 / 07Х19Н10Б E - 2403 - Б20	Б	= (+)	12,5	
Для сталей с содержанием никеля до 16% - 08Х18Н10Т, 12Х18Н12Т, 08Х18Н12Б и др., работающих в окислительных средах. Жаропрочность до 650 °С				

Характеристики электродов
для сварки коррозионностойких кислотостойких сталей

Тип Э-07Х20Н9		Для коррозионностойких сталей		
ОЗЛ-8 / 04Х19Н9 E - 2304 - Б20	Б	= (+)	14,0	
ОЗЛ-14 / 04Х19Н9 E - 2004 - РБ24	РБ	= (+,-)	11,0	
УОНИ-13/НЖ/01Х19Н9 E - 2006 - Б20	Б	= (+)	10,5	
Для сталей 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н10Т и др., когда к металлу шва не предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам				
ЛЭЗ-8/04Х19Н9 E - 2004 - Р26	Р	= (+)	12,5	
Для сталей 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н10Т и др., когда к металлу шва не предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии.				
ОЗЛ-8С E - 2000 - П20	П	= (+)	12,0	
Для сталей 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н10Т и др., когда к металлу шва не предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам				
ЦТ-50 / 01Х19Н9 E - 2004 - РБ36	РБ	= (+)	11,0	
Для сталей 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н10Т и др., когда к металлу шва предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам				
Тип Э-08Х19Н9Ф2Г2СМ		Для коррозионностойких сталей		
ЭА-606/10 / 05Х19Н9Ф3С2 E - 2006 - Б20	Б	= (+)	11,0	
Для сталей 09Х17Н7Ю, 09Х15Н8Ю и других, а также для сталей 14Х17Н2 и др.				

Характеристики электродов
для сварки коррозионностойких кислотостойких сталей

Тип Э-07Х19Н11М3Г2Ф		Для коррозионностойких сталей	
ЗА-400/10У / 04Х19Н11М3 Е - 2204 - Б20	Б	= (+)	12,0
ЗА-400/10Т / 04Х19Н11М3 Е - 2004 - Б20	Б	= (+)	12,0
ЦЛ-11 / 07Х19Н10Б Е - 2105 - Р520	РБ	= (+)	10,5
<p>Для сталей 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 08Х17Н13М2Т и др., работающих в жидких агрессивных средах при температурах до 350 °С и не подвергающихся после сварки термической обработке. Пригодны для наплавки антикоррозионного покрытия. Стойкость против межкристаллитной коррозии обеспечивается в состоянии после сварки и после аустенизации. Электроды ЗА-400/10Т обеспечивают лучшую, чем ЗА-400/10У, отделяемость шлака. Электроды ЦЛ-11 для более коррозионностойких сталей</p>			
Тип Э-08Х19Н9Ф2С2		Для коррозионностойких сталей	
ЗА-606/11 / 08Х19Н9Ф2С2 Е - 2007 - Б20	Б	= (+)	12,0
<p>Для сталей 08Х18Н10Т, 12Х18Н9Т и др., работающих при температурах до 350 °С и не подвергающихся после сварки термической обработке. Не рекомендуются для сварки сталей, не легированных титаном или ниобием</p>			
ГЛ-2 / 08Х19Н9Ф2С2 Е - 2006 - Б30	Б	= (+)	10,5
<p>Для сталей 08Х18Н10Т, 12Х18Н9Т и др., работающих при температурах до 350 °С и не подвергающихся после сварки термической обработке. Не рекомендуются для сварки сталей, не легированных титаном или ниобием</p>			
Тип Э-08Х19Н10Г2МБ		Для коррозионностойких сталей	
ЗА-698/21 / 08Х19Н10Г2Б Е - 2304 - Б20	Б	= (+)	10,5
<p>Для сталей 08Х18Н10Т, 08Х17Н13М2Т и др., работающих в окислительных и малоокислительных средах при температурах до 350°С и подвергаемых после сварки термической обработке</p>			

Характеристики электродов
для сварки коррозионностойких кислотостойких сталей

Тип Э-04Х20Н9		Для коррозионностойких сталей с пониженным содержанием углерода	
ОЗЛ-36 / 01Х19Н9 Е - 2056 - РБ20	РБ	= (+)	13,5
ОЗЛ-14А / 01Х19Н9 Е - 2056 - Р20	Р	= (+)	11,0
АНВ-32 / 01Х19Н9 Е - 2056 - Б20	Б	= (+)	10,5
УОНИ-13 / НЖ -2/01Х19Н9 Е - 2006 - Б20	Б	= (+)	10,5
<p>Для сталей 08Х18Н10Т, 06Х18Н11, 08Х18Н12Т, 04Х18Н10 и др., когда к металлу шва предъявляются требования по стойкости против межкристаллитной коррозии как в исходном состоянии, так и после кратковременных выдержек в интервале критических температур. Жаростойкость до 800 °С без серосодержащих газов</p>			
Тип Э-02Х20Н14Г2М2		Для коррозионностойких сталей с пониженным содержанием углерода	
ОЗЛ-20 / 01Х17Н14М2 Е - 2001 - П30	П	= (+)	13,5
<p>Для сталей 03Х16Н15М3, 03Х17Н14М2 при жестких требованиях к швам по стойкости против межкристаллитной коррозии</p>			



Электроды для сварки коррозионностойких высокопрочных сталей

Выбор электродов для таких сталей весьма ограничен. Так, для сталей 12Х21Н5Т, 08Х21Н6М2Т рекомендуются электроды, дающие металл шва по структуре не идентичный с основным металлом, а иной. В этом случае применяют электроды типов Э-08Х20Н9Г2Б марок ЦЛ-11, ЦТ-15-1, ОЗЛ-7 и др. Можно использовать электроды типа Э-09Х19Н10Г2М2Б марок ЭА-902/14, АНВ-36, ЭА-400/13 и др.

Для высоколегированных сталей 12Х25Н5ТМФЛ и 10Х25Н6АТМФ предусмотрен один тип электродов - Э-08Х24Н6ТАФМ, к которому относятся электроды марки Н-48. Металл шва равнопрочен основному металлу толщиной до 200 мм. Электроды этого типа можно использовать и для сталей 12Х21Н5Т, 08Х21Н6М2Т.

Для сталей 08Х226Т и 08Х21Н6М2Т разработаны электроды ОЗЛ-40/08Х22Н7Г2Б и ОЗЛ-41/10Х20Н7М2Г2Б, которые повышают коррозионную стойкость швов при работе в щелочных средах.

Характеристики электродов для сварки
коррозионностойких высокопрочных сталей

Тип Э-08Х20Н9Г2Б				
Марка электрода / проволоки Обозначение кода по ГОСТ Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род. полярность тока	Коэффициент наплавки, г/Ач	Положение в пространстве
ОЗЛ-40 E - 2000 - БР20	БР	= (+)	13,5	
ОЗЛ-41 E - 2000 - БР20	БР	= (+)	13,5	
Для сталей 08Х22Н6Т, 08Х21Н6М2Т и др., работающих в агрессивных средах				
ЦТ-15К / 04Х20Н10Г2Б E - 2305 - РБ20	РБ	= (+)	11,0	
Для сталей 10Х17Н13М2Т, 08Х18Н10 и др., работающих при температурах до 600 °С. Пригодны для наплавки антикоррозионного слоя				
Н-48 E - 200 - Б24	Б	= (~+)	11,0	
Для сталей 12Х25Н5ТМФ-П, 12Х21Н5Т и др., работающих в неокислительных агрессивных средах при температурах не более 300 °С				

Характеристики электродов для сварки коррозионностойких высокопрочных сталей

ОЗЛ-7 / 01Х19Н9 E - 2005 - Б20	Б	= (+)	11,5	
Для сталей 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Б и др., работающих в агрессивных средах, когда к металлу шва предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии				
Тип Э-09Х19Н10Г2М2Б				
ЭА-902/14 / 08Х19Н10М3Б E - 2205 - Б20	Б	= (+)	11,0	
ЭА-400/13 / 04Х19Н11М3 E - 2104 - Б20	Б	= (+)	12,0	
НЖ-13 / 04Х19Н11М3 E - 2105 - Б30	Б	= (+)	13,0	
АНВ-36 / 08Х19Н10М3Б E - 2105 - Р23	Н	= (~+)	13,0	
Для конструкций из сталей 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н15М3Т, 10Х17Н13М2Т, Х18Н22В2Т2 и др., работающих при температурах до 550 °С, когда к швам предъявляют жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии, не подвергаемых термообработке после сварки. Сварка короткой дугой по зачищенным крокам "ниточными" швами без поперечных колебаний. Электроды АНВ-36 отличаются легким зажиганием дуги и малым разбрызгиванием				
СП-28 / 06Х20Н11М3ТБ E - 2103 - Б30	Б	= (+)	11,0	
Для конструкций из сталей 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н15М3Т, 10Х17Н13М2Т, Х18Н22В2Т2 и др., работающих при температурах до 550 °С, когда к швам предъявляют жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии, не подвергаемых термообработке после сварки. Сварка короткой дугой по зачищенным крокам "ниточными" швами без поперечных колебаний				
Тип Э-08Х24Н6ТАФМ				
Н-48 / 06Х24Н6ТАФМ E - 200 - Б24	Б	= (~+,-)	11,0	
Для сталей 12Х25Н5ТМФЛ, 12Х21Н5Т, 08Х22Н6Т и др., работающих в неокислительных агрессивных средах при температурах до 300 °С				

Электроды для сварки жаростойких (окалиностойких) сталей

Жаростойкими (окалиностойкими) считаются стали, способные противостоять химическому разрушению поверхности в воздухе или в другой газовой среде при температурах выше 850°C в ненагруженном или слабонагруженном состоянии. Они содержат до 20-25% хрома и работают при температурах до 1050°C и выше.

Жаростойкость наплавленного металла до 1000°C на сталях 20X23H13, 20X23H18 и др. достигается электродами типа Э-10X25H13Г2 марок СЛ-25, ОЗЛ-4, ОЗЛ-6, ЦЛ-25.

Для сварки жаростойких сталей, долго работающих при температурах выше 1000°C, следует применять электроды типа Э-12X24H14С2 марок ОЗЛ-5, ЦЛ-17 и др., а также электроды типа Э-10X17H13С4 марки ОЗЛ-29, обеспечивающие жаростойкость до температуры 1100°C в окислительных и науглероживающих средах. Для конструкций, работающих в серосодержащих средах, применяют безникелевые высокохромистые жаростойкие стали 15X25Т, 15X28 и др., сварка которых ведется электродами типа Э-08X24H6ТАФМ.

Характеристики электродов для сварки жаростойких (окалиностойких) сталей

Тип Э-10X25H13Г2				
Марка электрода / проволоки Обозначение кода по ГОСТ Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род, полярность тока	Коэффициент наплавления, г/Ач	Положение в пространстве
УОНИ-13НЖ-2 / 07X25H13 E - 2075 - Б20	Б	= (+)	12,0	
ЗИО-8 / 07X25H13 E - 0053 - РБ20	РБ	= (+)	13,0	
ЦЛ-25 / 07X25H13 E - 0075 - Б20	Б	= (+)	10,5	
ОЗЛ-6 / 07X25H13 E - 2275 - Б20	Б	= (+)	11,5	
Для 10X23H18, 20X23H13, 20X23H18 и др., работающих в средах без сернистых соединений при температурах до 1000°C, а также для двухслойных сталей со стороны легированного слоя без требований по стойкости к межкристаллитной коррозии. Швы склонны к охрупчиванию при 600-800°C. Короткая дуга. Термическая подготовка кромок не допускается				
СЛ-25 / 07X25H12Г2Т E - 0075 - Б30	Б	= (+)	10,0	
То же, для жаростойких сталей				

Характеристики электродов для сварки жаростойких (окалиностойких) сталей

Тип Э-12X24H14С2				
ОЗЛ-5 / 10X20H15 E - 0085 - Б20	Б	= (+)	12,5	
ЦЛ-17 / 10X20H15 E - 0085 - Б20	Б	= (+)	10,5	
Для сталей 20X25H20С2, 20X20H14С2 и др., работающих при температурах до 1100°C в окислительных и науглероживающих средах. Сварка узкими валиками				
Тип Э-10X17H13С4				
ОЗЛ-29 / 02X17H14С4 E - 0085 - Б20	Б	= (+)	15,5	
ОЗЛ-3 / 15X18H12С4ТЮ E - 5087 - Б20	Б	= (+)	12,0	
Для сталей 20X20H14С2, 20X25H20С2, 45X25H20С2 и др., работающих при температурах до 1100°C в окислительных и науглероживающих средах, а также для стали 15X18H12С4ТЮ, работающей в агрессивных средах без высоких требований по стойкости к межкристаллитной коррозии				



Электроды для сварки жаропрочных сталей

К жаропрочным относятся стали, которые работают в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладают при этом достаточной стойкостью против образования оксидов. Высокая жаропрочность хромоникелевых сталей достигается за счет увеличения содержания никеля и дополнительного легирования титаном, ниобием, молибденом, вольфрамом и др.

Следует учитывать, что жаропрочность сварных соединений может существенно отличаться от жаропрочности основного и наплавленного металлов. Поэтому выбор электрода по принципу равной или близкой жаропрочности шва и основного металла оправдывается только для кратковременных ресурсов работы сварных соединений. Для длительных ресурсов лучше брать электроды, дающие более пластичный металл шва. Этому принципу соответствуют электроды, легирующие металл шва молибденом, — типа Э-11Х15Н25М6АГ2 марок ЭА-395/9, ЦТ-10, НИАТ-5 и типа Э-08Х16Н8М2 марки ЦТ-26.

Для сварки жаропрочных сталей, содержащих до 16% никеля и работающих при температурах до 600-650 °С, а также если сварные соединения после сварки подвергаются термообработке посредством отпуска, применяются электроды типов Э-09Х19Н11Г3М2Ф марок КТИ-5, ЦТ-7 и Э-08Х19Н10Г2Б марок ЦТ-15 и ЗНО-3.

При сварке корневых слоев многослойных стыковых швов жаропрочных сталей, когда перемешивание основного металла с наплавленным велико и не обеспечивает технологическую прочность швов, следует применять электроды типов Э-07Х19Н11М3Г2Ф марки ЦТ-7-1 и Э-08Х20Н9Г2Б марки ЦТ-15-1.

Для сварки жаропрочных сталей, содержащих 35% никеля и легированных ниобием, которые работают при температурах до 700-750 °С, применяют электроды типа Э-27Х15Н35В3Г2Б2Т марок КТИ-7 и КТИ-7А.

Для сварки жаропрочных сталей с 35% никеля, но без ниобия, однако легированных молибденом и марганцем, используют электроды типов Э-11Х15Н25М6АГ2 марок ЭА-395/9, НИАТ-5, ЦТ-10 и Э-09Х15Н25М6АГ2Ф марки ЭА-981/15. При этом надо учесть, что наплавленный такими электродами металл не стоек против межкристаллитной коррозии в состоянии после сварки и после термической обработки. Поэтому такие электроды непригодны, если конструкция работает еще и в жидкой агрессивной среде. Слов, контактирующие с агрессивной средой, следует выполнять электродами типа Э-07Х19Н11М3 марок ЭА-400/10У и ЭА-400/10Т.

Характеристики электродов для сварки жаропрочных сталей

Тип Э-11Х15Н25М6АГ2				
Марка электрода / проволоки Обозначение легирующих элементов по ГОСТ Область применения Технологические особенности	Покрытие	Рез. наплавки, тонк.	Коэффициент наплавки, г/А·ч	Положение в пространстве
ЭА-395/9 / 10Х16Н25АМ6 Е - 050 - 520	Б	= (+)	11,5	
ЦТ-10 / 10Х16Н25АМ6 Е - 050 - 520	Б	= (+)	11,5	
Для сталей и сплавов ХН35ВТ, Х15Н25АМ6 и др., содержащих до 35% никеля, но без ниобия, работающих при температурах до 700 °С. Для разнородных соединений высоколегированных сталей с углеродистыми и низколегированными. Для конструкций, работающих при температурах до -196 °С. Короткая дуга. Зачистить кромки				
НИАТ-5 / 10Х16Н25АМ6 Е - 051 - 530	Б	= (+)	12,5	
Для сталей и сплавов ХН35ВТ, Х15Н25АМ6 и др., содержащих до 35% никеля, но без ниобия, работающих при температурах до 700 °С. Для разнородных соединений высоколегированных сталей с углеродистыми и низкоуглеродистыми. Для конструкций, работающих при температурах до -196 °С. Короткая дуга. Зачистить кромки				
Тип Э-08Х16Н8М2				
ЦТ-26 / 08Х16Н8М2 Е - 2802 - 520	Б	= (+)	10,5	
Для сталей 10Х14Н14В2М, 08Х16Н13М25 и др., в паропроводах, работающих при температурах 600-850 °С				
Тип Э-08Х20Н9Г2Б				
ЦТ-15-1 / 07Х19Н10Б Е - 2456 - 520	Б	= (+)	11,0	
Для сварки корневых слоев швов, выполняемых электродами ЦТ-15				

Характеристики электродов
для сварки жаропрочных сталей

Тип Э-09Х19Н11Г3М2Ф

КТИ-5 / 04Х19Н11М3
E - 2303 - Б20

Б = (+) 12,0

Для сталей 08Х16Н13М2Б, 15Х14Н14М2ВФБТЛ (ЛА-3) и др., работающих при температурах до 600 °С и подвергаемых после сварки термической обработке, а также для заварки дефектов литых из этих сталей. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам короткими валиками без поперечных колебаний



ЦТ-7 / 04Х19Н11М3
E - 2303 - Б20

Б = (+) 12,0

Для сталей 08Х16Н13М2Б, 15Х14Н14М2ВФБТЛ (ЛА-3) и др., работающих при температурах до 600 °С и подвергаемых после сварки термической обработке, а также для заварки дефектов литых из этих сталей. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам короткими валиками без поперечных колебаний



Тип Э-27Х15Н35В3Г2Б3Т

КТИ-7 / 30Х15Н35В3Б3Т
E - 066 - Б40

Б = (+) 11,0

Для сплавов на железоникелевой основе ХН35ВТ, ХН35ВТЮ и др., долго работающих при температурах до 750 °С, а также для реакционных труб в печах конверсии металла из сталей 45Х20Н35С, 25Х20Н35 и др., работающих при температурах до 900 °С. Сварка короткой дугой узкими валиками без поперечных колебаний



КТИ-7А / 30Х15Н35В3Б3Т
E - 066 - Б20

Б = (+) 10,0

Для сплавов на железоникелевой основе ХН35ВТ, ХН35ВТЮ и др., долго работающих при температурах до 750 °С, а также для реакционных труб в печах конверсии металла из сталей 45Х20Н35С, 25Х20Н35 и др., работающих при температурах до 900 °С. Сварка короткой дугой узкими валиками без поперечных колебаний



Тип Э-09Х15Н25М6АГ2Ф

ЗА-981/15 / 09Х16Н25М6АФ
E - 000 - Б20

Б = (+) 11,5

Для сварки высоколегированных коррозионностойких хромоникелемолибденовых и хромоникелемолибденованадиевых сталей, а также высокопрочных сталей типа АК и высокомарганцовистых сталей типа 110Г13-П



ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ РАЗНОРОДНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Разнородными сталями и сплавами считаются материалы, резко отличающиеся физико-механическими свойствами, химическим составом и свариваемостью. По признаку разнородности стали условно можно разделить на 4 группы: углеродистые и легированные, легированные повышенной и высокой прочностью, теплоустойчивые, высоколегированные.

Сварка разнородных сталей и сплавов может существенно отличаться от сварки однородных материалов, так как возрастает вероятность появления трещин в металле шва, возникновения в зоне сплавления участков со структурной неоднородностью, чрезмерного роста остаточных напряжений из-за большой разницы в коэффициентах расширения свариваемых материалов.

Большинство электродов, используемых при сварке разнородных сталей и сплавов, относятся к электродам, предназначенным для сварки высоколегированных сталей и легированных сталей повышенной и высокой прочностью, которые дают шов с однородной высокопластичной структурой металла.

Выбор электрода можно делать по таблице, составленной с учетом отечественного опыта сварки разнородных металлов.

Группа сталей и сплавов	Углеродистые и низколегированные	Легированные повышенной и высокой прочностью	Теплоустойчивые	Высоколегированные аустенитные	Высоколегированные жаропрочные	Сплавы на никелевой основе
Углеродистые и низколегированные	❖	Э42А-Э100, ОЗЛ-27, ОЗЛ-28	Э42А-Э50А	ОЗЛ-6, (ОЗЛ-6С), ИНАТ-5, ЭА-395/9, ИНИ-48Г	ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Легированные повышенной и высокой прочностью	Э42А-Э100, ОЗЛ-27, ОЗЛ-28	❖	Э50А-Э85	ИНАТ-5, ЭА-395/9	ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Теплоустойчивые	Э42А-Э50А	Э50А-Э85	❖	ЭА-395/9	АНЖР-1, АНЖР-2	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Высоколегированные аустенитные	ОЗЛ-6, (ОЗЛ-6С), ИНАТ-5, ЭА-395/9, ИНИ-48Г	ИНАТ-5, ЭА-395/9	ЭА-395/9	❖	ОЗЛ-25Б, ИМЕТ-10	ОЗЛ-25Б
Высоколегированные жаропрочные	ОЗЛ-25Б	ОЗЛ-25Б	АНЖР-1, АНЖР-2	ОЗЛ-25Б, ИМЕТ-10	❖	ИМЕТ-10, ОЗЛ-25Б
Сплавы на никелевой основе	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б	ОЗЛ-25Б	ИМЕТ-10, ОЗЛ-25Б	❖

Характеристики электродов
для сварки разнородных сталей и сплавов

Марка электрода / Тип электрода Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род полярности тока	Коэффициент наплавления, г/Ач	Положение в пространстве
АНЖР-1 / Э-08Х25Н60М10Г2	П	= (+)	15,0	
АНЖР-2 / Э-06Х25Н40М7Г2	Б	= (+)	14,5	
Сварка теплоустойчивых сталей с высоколегированными жаропрочными сталями				
ОЗЛ-27 / Э-20Х26Н10Г2М3	РБ	\sim (-)	10,5	
ОЗЛ-28 / Э-20Х27Н8Г2М	РБ	\sim (+)	9,5	
Сварка углеродистых сталей с легированными, в том числе с трудносвариваемыми сталями				
ОЗЛ-6 / Э-10Х25Н13Г2	Б	= (+)	12,0	
ОЗЛ-6С / Э-10Х25Н13Г2	Б	= (+)	11,0	
Сварка углеродистых и низколегированных сталей с высоколегированными сталями				
НИАТ-5 / Э-11Х15Н25М6АГ2	Б	= (+)	13,0	
Сварка низколегированных и легированных сталей с высоколегированными сталями				
ЗА-395/9 / Э-11Х15Н25М6АГ2	Б	= (+)	11,5	
Сварка низколегированных и легированных сталей с высоколегированными сталями				

Характеристики электродов
для сварки разнородных сталей и сплавов

ОЗЛ-25Б / Э-10Х20Н70Г2М2Б2В	Б	= (+)	14,0	
Сварка разнородных сталей: коррозионностойких, жаростойких, жаропрочных и сплавов на никелевой основе				
ИМЕТ-10 / Э-04Х10Н60М24	РБ	= (+)	14,0	
Сварка разнородных жаропрочных сталей и сплавов				
ЦТ-28 / Э-08Х14Н65М15В4Г2	РБ	= (+)	10,5	
Сварка углеродистых, низколегированных и хромистых сталей со сплавами на никелевой основе				
НИИ-48Г / Э-10Х20Н9Г6С	Б	= (+)	12,0	
Сварка низколегированных, специальных и высокомарганцевистых сталей с высоколегированными сталями				



ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ НАПЛАВКИ

Наплавочные электроды обеспечивают получение наплавленного металла разнообразного по химическому составу, структуре и свойствам. По ГОСТ 10051-75 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами» существует 44 типа таких электродов.

Все они имеют основное покрытие. Это обеспечивает лучшую сопротивляемость образованию трещин при наплавке деталей из стали с повышенным содержанием углерода и при высокой жесткости конструкции.

В зависимости от условий работы конструкций с наплавленными покрытиями электроды для наплавки могут быть условно разделены на 6 групп.








Характеристики электродов для наплавки

ПЕРВАЯ ГРУППА. Электроды для получения наплавленного металла средней твердости со стойкостью при трении металла о металл и ударных нагрузках				
Марка / тип электрода (тип металла) Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род. полярность тока	Коэффициент наплавки, г/А·ч	Положение в пространстве
ОЗН - 300М / 11Г3С Для деталей из углеродистых и низколегированных сталей, работающих в условиях трения и ударных нагрузок, например: валы, оси, автосцепки, крестовины и др. детали автомобильного и ж/д транспорта	Б	$\tilde{+}$	10,5	→
ОЗН - 400М / 15Г4С То же, с увеличенной твердостью наплавленного металла	Б	$\tilde{+}$	10,5	→
НР - 70 / Э-30Г2ХМ Для деталей, работающих в условиях интенсивных ударных нагрузок и трения по металлу: рельсы, крестовины и другое	Б	$= (+)$	9,0	→
ЦНИИН - 4 / Э-65Х25Г13Н13 Для заварки дефектов литья железнодорожных крестовин и других деталей из высокомарганцовистых сталей 110Г13Л	Б	$= (+)$	10,5	→







Характеристики электродов для наплавки

ВТОРАЯ ГРУППА. Электроды, обеспечивающие наплавленный металл с увеличенным содержанием углерода в низколегированном наплавленном слое при работе конструкций в условиях трения металла о металл и ударных нагрузках при нормальной и повышенной температурах				
ЭН-60М / Э-70Х3СМТ Для штампов всех типов, работающих с нагревом контактных поверхностей до 400 °С, и быстроизнашивающихся деталей в станочном оборудовании: шестерни, эксцентрики, направляющие и др.	Б	$= (+)$	8,5	→
ЦН - 14 Для оборудования горячей штамповки и резки, в том числе ножей, ножниц, штампов и др.	Б	$= (+)$	12,0	→
13 КН/ЛИВТ / Э-80Х4С Для зубьев ковшей экскаваторов, черпаков, земснарядов, ножей дорожных машин, работающих при абразивном износе без значительных ударов и давлений	Б	$\tilde{+}$	6,5	→
ОЗШ - 3 / Э-37Х9С2 Для обрезных и вырубных штампов холодной и горячей штамповки (до 650 °С) и быстроизнашивающихся деталей машин и оборудования	Б	$= (+)$	9,5	↙
ОЗИ - 3 / Э-20Х4М4ВФ Для штампов холодного и горячего (до 650 °С) деформирования металлов, а также для быстроизнашивающихся деталей горно-металлургического и станочного оборудования	Б	$= (+)$	9,5	→
ТРЕТЬЯ ГРУППА. Электроды для получения повышенных характеристик наплавленного углеродистого легированного металла, работающего в условиях ударно-абразивного износа, а также наплавки деталей из высокомарганцовистых сталей типа 110Г13Л				
ОЗН 6 / 90Х4Г2С3Р Для быстроизнашивающихся деталей горно-добывающих, строительных машин и др., работающих при интенсивном абразивном износе и значительных ударных нагрузках	Б	$= (+)$	11,0	↙

Характеристики электродов для наплавки

ОЗН - 7 / 75Х5Г4СЗРФ	Б	= (+)	12,0	
Для быстроизнашивающихся деталей преимущественно из высокомарганцовистых сталей 110Г13Л, работающих при интенсивном износе и при значительных ударных нагрузках				
ВСН-6 / Э-110Х14В13Ф2	П	= (+)	9,5	
Для быстроизнашивающихся деталей из углеродистых и высокомарганцовистых сталей при значительных ударных нагрузках в условиях абразивного износа				
Т-590 / Э-320Х25С2ГР РОТЭКС Н (Т-590)	П	= (+)	9,0	
Для деталей, работающих в условиях абразивного износа при умеренных ударных нагрузках				
ЧЕТВЕРТАЯ ГРУППА. Электроды для конструкций, работающих в сверхтяжелых условиях при больших давлениях и высоких (до 800-850 °С) температурах				
ОЗШ - 6 / 10Х33Н11МЗСГ	Б	= (+)	13,0	
Для бойков радиально-ковочных машин, штампов холодного и горячего (до 800-850 °С) деформирования металлов, ножей горячей резки металла, быстроизнашивающихся деталей оборудования, работающих в тяжелых термо-деформационных условиях				
УОНИ-13/Н1-БК / Э-09Х31Н8АМ2	Б	= (+)	10,5	
Для уплотнительных поверхностей арматуры, работающих в контакте со средами высокой агрессивности				
ОЗИ-5 / Э-10К18В11М10ХЗСФ	П	= (+)	10,5	
Для металлорежущего инструмента, штампов горячей (до 800-850 °С) штамповки и деталей, работающих в особо тяжелых температурно-силовых условиях				
ОЗИ - 6 / 100Х4М8В2СФ	Б	= (+)	10,0	
Для резцов и многолезвеного металлорежущего инструмента, а также для ремонта тяжело нагруженных штампов холодного и горячего (до 650 °С) деформирования металла				

Характеристики электродов для наплавки

Пятая группа. Электроды, обеспечивающие получение высоколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях коррозионно-эрозионного износа, трения металла о металл при больших давлениях и повышенных температурах				
ЦН-6Л / Э-08Х17Н8С6Г	Б	= (+)	14,0	
Для уплотнительных поверхностей деталей арматуры котлов, работающих при температуре до 570 °С и давлении до 7800 МПа (780 кг/мм ²)				
ЦН-18 / Э-15Х15Н10С5М3Г	Б	= (+)	11,0	
ЦН-24	Б	= (+)	12,0	
Для уплотнительных поверхностей арматуры, работающих в пароводяной среде при температуре: ЦН-18 - до 600°С; ЦН-24 - до 565°С				
Шестая группа. Электроды для получения высоколегированного поверхностного слоя с высокой стойкостью в тяжелых коррозионноактивных и температурно-деформационных условиях (до 950-1100 °С) в атомной энергетике и химическом машиностроении				
ОЗШ-6	Б	= (+)	8,5	
Для кузнечно-штамповой оснастки холодного и горячего деформирования металлов, деталей металлургического и станочного оборудования, работающих в тяжелых условиях термической усталости (до 950 °С) и больших давлений				
ОЗШ-8	Б	= (+)	14,0	
Для кузнечно-штамповой оснастки горячего деформирования металла, работающего в сверхтяжелых условиях термической усталости (до 1100 °С) и больших давлений				
ЗА - 898 / 21Б / 09Х19Н9Г2Б1М	Б	= (+)	10,5	
Для получения коррозионностойкого покрытия на поверхности изделий атомно-энергетического и химического машиностроения				
ЗА-855 / 51 (ЗА-582 / 23)	Б	= (+)	13,0	
То же, но для изделий, подвергаемых (не подвергаемых) термообработке				

ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ ЧУГУНА

Такие электроды предназначены для устранения дефектов в чугунных отливках и для восстановления поврежденных и изношенных деталей. Их можно применять и для изготовления сварно-литых конструкций. Электроды для холодной сварки и наплавки чугуна без предварительного подогрева дают наплавленный металл в виде стали, сплавов на основе меди, никеля и железоникелевого сплава. Это марки ЦЧ-4, ОЗЧ-2, ОЗЧ-6. Иногда целесообразно использовать электроды иного назначения. Так, при ремонте чугунных трубопроводов в условиях большой загрязненности и высокой влажности лучше брать марку ОЗЛ-25Б. Первые слои на загрязненных чугунах можно выполнять марками ОЗЛ-27 и ОЗЛ-28. Успешно применяют и марку ОЗБ-2М, предназначенную для сварки бронзы.

Характеристики электродов для сварки и наплавки чугуна

Марка электрода Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род, полярность тока	Коэффициент наплавки, г / А·ч	Положение в пространстве
ЦЧ-4 Для сварки и заварки дефектов литья в деталях из серого, высокопрочного и ковкого чугуна. Сварка серого и высокопрочного чугунов	Б	= (+)	10,0	
ОЗЧ-2 Для сварки, наплавки и заварки дефектов литья в деталях из серого и ковкого чугунов	АЖ	= (+)	13,5	
ОЗЧ-6 Для сварки тонкостенных деталей из серого и ковкого чугунов	Б	= (+)	15,5	
МНЧ-2 Для сварки, наплавки и заварки дефектов литья в деталях из серого и ковкого чугунов. Аналогичен электрод ОЗЖН-1 с основным (Б) покрытием	П	= (+)	11,5	
ОЗЧ-3 Для сварки и заварки дефектов литья в деталях из серого и высокопрочного чугунов, когда к соединениям предъявляются повышенные требования по чистоте обработки поверхности	Б	= (+)	11,0	
ОЗЧ-4 Для сварки и наплавки деталей из серого и высокопрочного чугунов. Предпочтительны для последних слоев, работающих на истирание или при ударных нагрузках	Б	= (+)	11,5	

ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Предназначены для сварки алюминия, меди, никеля и их сплавов. Титан и его сплавы ручной дуговой сваркой покрытым электродом не сваривают из-за интенсивной окисляемости.

Электроды для сварки алюминия

Основная трудность при сварке алюминия и его сплавов - наличие окисной пленки. Температура ее плавления 2060 °С, тогда как температура плавления алюминия 660 °С. Плотная тугоплавкая пленка может нарушить стабильность процесса сварки и таким образом повлиять на качество формирования шва, вызвав появление внутренних дефектов в наплавленном металле. Для удаления окисной пленки в состав покрытия электродов вводят хлористые и фтористые соли щелочных и щелочно-земельных металлов. Эти вещества и обеспечивают качественную сварку.

Характеристики электродов для сварки алюминия и его сплавов

Марка электрода Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род, полярность тока	Коэффициент наплавки, г / А·ч	Положение в пространстве
ОЗА-1 Для деталей и конструкций из технически чистого алюминия А0, А1, А2, А3. Сварка с предварительным подогревом до 250-400 °С по зачищенным кройкам. Шлак удалить горячей водой и щетками	П (щелочное)	= (+)	6,5	
ОЗА-2 Для заварки литейного брака и наплавки деталей из алюминиево-кремнистых сплавов АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11 и др. Сварка с предварительным подогревом до 250-400 °С по зачищенным кройкам. Шлак удалить горячей водой и стальными щетками	П (щелочное)	= (+)	6,5	
ОЗАНА-1 Для деталей и конструкций из технически чистого алюминия. Сварка изделий толщиной более 10 мм с предварительным подогревом до 250-400 °С по зачищенным кройкам	П (щелочное)	= (+)	8,0	
ОЗАНА-2 Для заварки литейного брака и наплавки деталей из алюминиево-кремнистых сплавов АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11 и др. Сварка деталей толщиной до 10 мм без подогрева, при больших толщинах - с подогревом до 200 °С по зачищенным кройкам	П (щелочное)	= (+)	8,0	

Электроды для сварки меди и ее сплавов

При сварке меди основная проблема - образование пор в металле шва из-за высокой ее активности при взаимодействии с газами, особенно с кислородом и водородом. Чтобы этого избежать, применяют только хорошо раскисленную медь и тщательно прокаленные электроды. Сварку выполняют по зачищенным до металлического блеска кромкам.

Сварка латуней сложна из-за интенсивного выгорания цинка.

Сварка бронз доставляет трудности ввиду высокой хрупкости и недостаточной прочности в нагретом состоянии.

Характеристики электродов для сварки меди и ее сплавов

Марка электрода Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род полярности тока	Коэфф-нт наплавки, г/А·ч	Положение в пространстве
«Комсомолец-100» Для сварки и наплавки изделий из технической чистой меди М1, М2, М3. Возможна сварка меди со сталью. Сварка с предварительным местным подогревом до 300-700°C	П (специальн.)	= (+)	14,0	
АНЦ / 03М-2 Для сварки и наплавки изделий из технической чистой меди с содержанием кислорода не более 0,01%. Сварка при толщине более 10 мм с предварительным подогревом до 150-350°C	П (специальн.)	= (+)	17,5	
АНЦ / 03М-3 Для сварки и наплавки технической чистой меди (кислорода не более 0,01%). Возможна сварка со сталью. Сварка при толщине до 10 мм короткой дугой без подогрева и без разделки кромок одно- или двусторонним швом с небольшими колебаниями электрода	П (специальн.)	= (+)	16,5	
ОЗБ-2М Для сварки и наплавки бронз, заварки дефектов бронзового и чугуного литья. Возможна сварка и наплавка латуней	Б	= (+)	14,0	
ОЗБ-3 Для наплавки при изготовлении и восстановлении электродов машин контактной точечной сварки, в том числе для сварки стержневой арматуры	П (специальн.)	= (+)	12,5	

Электроды для сварки никеля и его сплавов

Сварка никеля и его сплавов затруднена из-за большой чувствительности к растворенным в сварочной ванне газам: азоту, кислороду и водороду, что вызывает образование горячих трещин и пор. Для предупреждения появления этих дефектов необходимо применять основной металл и сварочные электроды высокой чистоты и качественно их подготавливать.

Характеристики электродов для сварки никеля и его сплавов

Марка электрода Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род полярности тока	Коэфф-нт наплавки, г/А·ч	Положение в пространстве
ОЗЛ-32 Для изделий из никеля НР-2, НА-1, для наплавки на углеродистые и высоколегированные стали в аппаратуре, работающей в щелочных и хлоросодержащих средах содового производства, мыловарения, производства синтетических волокон и др., а также сварка никеля с углеродистыми и коррозионностойкими сталями. Сварка «ниточными» валиками с амплитудой поперечных колебаний не более двух диаметров электрода. Электрод перпендикулярен к изделию. Дугу обрывать постепенно, отводя ее на наплавленный металл	РБ	= (+)	12,0	
В-56У Для сварки изделий из монель-металла и аппаратуры из двухслойных сталей (СтЗсп + монель-металл) со стороны коррозионностойкого слоя, а также для наплавки. Возможна сварка монель-металла с низкоуглеродистыми сталями. Сварка валиками шириной до 12 мм	РБ	= (+)	11,5	



ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ РЕЗКИ МЕТАЛЛА

Дуговая резка металла покрытыми электродами часто используется при монтаже и ремонте металлоконструкций. Она эффективна, так как не требует дополнительного оборудования и специальной квалификации рабочих. Электроды для резки отличаются от электродов для сварки высокой тепловой мощностью дуги, высокой теплоустойчивостью покрытия, интенсивной окисляемостью жидкого металла. Эти электроды целесообразно применять для удаления дефектных швов или их уступков, удаления прихваток, заклепок, болтов, разделки трещин и т.п. Прогревка перед сваркой: 170 °С; 1ч.

Характеристики электродов для резки металла

Марка электрода Область применения Технологические особенности	Покрытие	Род, полярность тока	Коэффициент наплавки, г/А·ч	Положение в пространстве
ОЗР-1	П специальн.	\sim = (+,-)	12,0	
Для резки, строжки, проплавки отверстий, удаления дефектных участков сварных соединений и отливок, разделки свариваемых кромок и корня шва, других подобных работ. Резку вести углом вперед на повышенных режимах с возвратно-поступательными движениями электрода - «туда-обратно» или «сверху-вниз»				
ОЗР-2 РОТЭКС Р	П специальн.	\sim = (+,-)	12,0	
Для резки стержневой арматуры диаметром до 40 мм. Для резки, строжки, прошивки отверстий, удаления дефектных участков сварных соединений и отливок, разделки свариваемых кромок и корня шва, других подобных работ. Резку вести «углом вперед» на повышенных режимах с возвратно-поступательными движениями электрода - «туда-обратно» или «сверху-вниз»				





ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Расход электродов (кг) на 1 кг наплавленного металла

Тип Э42		Тип Э50А		Для теплоустойчивых сталей		
ВСЦ-4	1,6	ОЗС-33	1,6	ТМЛ-1	1,5	
ОЗС-23		АНО-27	1,65	ТМЛ-1У		
АНО-6	1,65	ИТС-4	1,7	ТМЛ-3У		
АНО-17	1,7	УОНИ-13/55		ЦУ-2М		
ОМА-2		ЦУ-5		1,55		
ВСЦ-4М	1,8	ЦУ-7	ТМЛ-3			
Тип Э42А		Тип Э55		ЦЛ-27А	1,6	
УОНИ-13/45	1,6	МТГ-02	1,55	УОНИ-13/15М		
УОНИ-13/45А	1,7	Тип Э60		УОНИ-13ХМ		
Тип Э46		МТГ-01К	1,55	ЦЛ-39	1,65	
ОЗС-6	1,5	ВСФ-65	1,6	ЦЛ-36		
АНО-13	1,6	ОЗС-24М		ЦЛ-40		
ВРМ-26		УОНИ-13/65		ЦЛ-17		
АНО-21	1,65	Для высоколегированных сталей		ЦЛ-26М	1,7	
АНО-4	1,7	ОЗЛ-36	1,5	ЦЛ-41		
АНО-24		ЗИО-3	1,55	ЦЛ-6		
АНО-34		ЭА-898/19	1,6	ЦЛ-55		
ВРМ-20		ОЗЛ-14А		АНВ-1		
МР-3		АНВ-32	ЦЛ-10	1,75		
ОЗС-12	ЭА-606/10	ОЗС-11	1,8	Для разнородных сталей и сплавов		
Тип Э46А		ЦТ-15	1,7	ИМЕТ-10	1,3	
УОНИ-13/55К	1,6	ЦТ-15К		АНЖР-2	1,6	
ТМУ-46	1,65	ЦЛ-11	Для коррозионноустойчивых сталей	АНЖР-1	1,7	
Тип Э50		ОЗЛ-8		1,7	НИИ-48Г	Для жаропрочных сталей
ВСЦ-3	1,7	ОЗЛ-14			1,75	
55-У	1,8	ОЗЛ-12	ЭА-400/10У	1,6		
Тип Э50А		ЭА-400/10Г	1,8	ЦТ-10	1,7	
ОЗС-18	1,5					
ТМУ-21У						
ОЗС-25	1,6					
ОЗС-28						

2. Расчет количества электродов при сварке различных соединений
Сварные соединения без скоса кромок

Положение шва	Толщина основного металла, мм	Зазор, мм	Масса наплавленного металла, кг / 1 м шва
 Нижнее	1	0	0,02
	1,5	0,5	0,02
	2	1	0,03
	3	1,5	0,05
 Нижнее	4	2	0,13
	5	2	0,16
	6	2,5	0,21
	7	3	0,28
 Горизонтальное	1	0	0,02
	1,5	0,5	0,03
	2	1	0,04
	3	1,5	0,07
 Горизонтальное	4	2	0,17
	5	2,5	0,20
	6	3	0,25
	7	3	0,33
 Потолочное	4	2	0,08
	5	2	0,13
	6	2,5	0,14
	7	3	0,16

Угловые соединения: масса наплавленного металла, кг / 1 м шва

Толщина металла, мм	Площадь сечения шва, мм ²				
2	2	0,03	0,02	0,03	0,03
3	4,5	0,05	0,05	0,05	0,06
4	8	0,07	0,07	0,07	0,08
5	12,5	0,10	0,11	0,11	0,13
6	18	0,15	0,15	0,16	0,17
7	24,5	0,20	0,21	0,22	0,25
8	32	0,26	0,27	0,28	0,32
9	40,5	0,33	0,34	0,36	0,40
10	50	0,40	0,42	0,44	0,50
11	60,5	0,49	0,53	0,57	0,62
12	72	0,58	0,62	0,66	0,73
15	113	0,91	0,97	1,04	1,11
18	162	1,31	1,37	1,49	1,60
20	200	1,62	1,62	1,78	1,98
22	242	1,95	2,00	2,16	2,39
25	323	2,58	2,60	2,90	3,18


Тавровые соединения: масса наплавленного металла, кг / 1 м шва

Толщина металла, мм	Площадь сечения шва, мм ²				
2	4	0,04	0,05	0,04	0,04
2,5	6,5	0,06	0,07	0,06	0,07
3	9	0,08	0,10	0,09	0,09
3,5	12,5	0,11	0,13	0,12	0,13
4	16	0,14	0,16	0,15	0,17
4,5	20,5	0,18	0,20	0,19	0,21
5	25	0,22	0,25	0,24	0,26
5,5	30,5	0,26	0,29	0,28	0,32
6	36	0,31	0,33	0,34	0,37
6,5	42,5	0,37	0,39	0,40	0,44

Тавровые соединения: масса наплавленного металла, кг / 1 м шва

Толщина металла, мм	Площадь сечения шва, мм ²				
7	49	0,43	0,45	0,44	0,51
7,5	56,5	0,47	0,51	0,50	0,58
8	64	0,55	0,58	0,60	0,65
9	81	0,69	0,74	0,75	0,86
10	100	0,85	0,89	0,91	1,02
11	121	1,03	1,08	1,12	1,23
12	144	1,22	1,27	1,33	1,48
13	169	1,41	1,49	1,53	1,73
14	196	1,62	1,76	1,78	2,02
15	225	1,86	1,95	2,07	2,31

V-образные односторонние сварные соединения:
масса наплавленного металла, кг / 1 м шва

Толщина металла, мм Зазор, мм					
	Нижнее	Нижнее	Вертикальное	Потолочное	Горизонтальное
4 / 1	0,09	0,10	0,132	0,14	0,11
5 / 1	0,13	0,15	0,19	0,22	0,16
6 / 1	0,17	0,20	0,29	0,30	0,24
7 / 1,5	0,26	0,30	0,38	0,44	0,33
8 / 1,5	0,31	0,37	0,47	0,55	0,44
9 / 1,5	0,38	0,44	0,59	0,69	0,51
10 / 2	0,49	0,57	0,76	0,86	0,64
11 / 2	0,56	0,66	0,89	1,02	0,76
12 / 2	0,65	0,77	1,05	1,23	0,89
14 / 2	0,86	1,02	1,34	1,60	1,17
15 / 2	0,97	1,15	1,55	1,81	1,34
16 / 2	1,04	1,23	1,75	2,02	1,46
18 / 2	1,33	1,60	2,17	2,51	1,83
20 / 2	1,63	1,94	2,62	3,11	2,21
25 / 2	2,46	2,94	4,00	4,76	3,34

Первый и подварочный проход при сварке V-образного соединения

Положение шва	Толщина, мм	Масса наплавленного металла, кг / 1 м шва	Диаметр электрода, мм
Нижнее	6 - 12	0,10	3,0
Нижнее	> 12	0,15	4,0
Вертикальное	> 8	0,15	3,0
Горизонтальное	> 8	0,15	3,0
Потолочное	> 10	0,10	3,0

3. Примерное соответствие отечественных электродов зарубежным

Для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей

Марка	Тип	ISO	EN	AWS
		Международный	Европейский	США
«Огонек»	Э42	E 430R14	-	E 6013
АНО-6	Э42	E 431AR21	-	E 6013
АНО-6М	Э42	E 433AR21	E35ZRA12	E 6013
АНО-17	Э42	E 431AR11021	-	E 6019
ВСЦ-4	Э42	E 433C10	E35ZC21	E 6010
ВСЦ-4М	Э42	E 433C14	E35ZC21	E 6010
ОЗС-23	Э42	E 431R23	E35ZR11	E 6013
ОМА-2	Э42	E 430S14	E35A(C)11	E 6011
УОНИ-13/45	Э42А	E 435B20	E35ZB22	E 6015
УОНИ-13/45А	Э42А	E 435B20	E35ZB22	E 6015
УОНИИ-13/45	Э42А	E 434B20H	-	E 6015
УОНИИ-13/45А	Э42А	E 434B20H	-	E 6015
УОНИИ-13/45Р	Э42А	E 433B20H	-	E 6015
СМ-12	Э42А	E 435B11026H	E35ZB12	E 6018
АНО-4	Э46	E 433R24	E35ZR12	E 6012
АНО-4И	Э46	-	-	-
АНО-13	Э46	E433S12	E38ZRC11	-
АНО-21	Э46	E435S11	E38ZRC11	E 6013
АНО-24	Э46	E433AR21	E382RA12	E 6019
АНО-34	Э46	E432R21	-	E 6013
ВРМ-20	Э46	E432S26	-	-

Примерное соответствие отечественных электродов зарубежным

Для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей

Марка	Тип	ISO Международный	EN Европейский	AWS США
ВРМ-26	Э46	E432S36	-	-
МР-3	Э46	E433R23	E 35ZR12	E 6013
МР-3М	Э46	E433AR24	E 38ZAR12	E 6012
МР-3Р	Э46	-	-	E 6013
МР-3У	Э46	-	-	E 6013
МЭЗ-101	Э46	-	-	-
МЭЗ-102	Э46	-	-	-
ОЗС-3	Э46	E432AR16046	-	E 6027
ОЗС-4	Э46	E 433R25	E 35ZR12	E 6013
ОЗС-4И	Э46	E 433AR24	E382AR12	E 6012
ЛЭЗ ОЗС-4Т	Э46	-	E382RB12	E 6013
ОЗС-6	Э46	E431RR12023	E35ZRR32	E 6014
ОЗС-12	Э46	E 432R12	E35ZR21	E 6012
ОЗС-12И	Э46	E 433AR24	E382R12	E 6013
РОТЭКС-ОЗС-6	Э46	-	-	E 6014
РОТЭКС-ОЗС-12	Э46	-	-	E 6013
УОНИ-13/55К	Э46А	E 433B20H	E35ZB22	E 6015
УОНИИ-13/55А	Э46А	E 433B20H	-	E 6015
ТМУ-46	Э46А	E 433B26H	-	E 6016
ВСЦ-3	Э50	E 513C10	E 35ZC21	E 7010
ВСЦ-4А	Э50	E 513C10	E 35ZC21	E 7010
55-У	Э50	E 512B20	-	E 7015
АНО-27	Э50А	E 515B26H	-	E 7018
АНО-Т	Э50А	E 515B20	E 424B22	E 7015
АНО-ТМ	Э50А	E 515B26	E4221NB12	E 7016
АНО-ТМ/СХ	Э50А	E 513B26H	-	E 7018
ИТС-4	Э50А	E 513B20H	-	E 7015
ИТС-4С	Э50А	E 513B20H	E 352B12	E 7015
ОЗС-18	Э50А	E 514B20H	E 462ZB12	E 7015
ОЗС-25	Э50А	E 515B20H	-	E 7015

Для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей

ОЗС/ВНИИСТ-26	Э50А	E 515B20H	-	E 7015
ОЗС-28	Э50А	E 513S26	E 46ZRB12	-
ОЗС-33	Э50А	E 514B24	E383B12H10	E 7016
ТМУ-21У	Э50А	E 513B20H	E 38ZB22	E 7015
ТМУ-50	Э50А	E 513B26H	-	E 7016
УОНИ-13/55	Э50А	E 513B20H	E 38ZB22	E 7015
УОНИ-13/55С	Э50А	E 513B20	-	E 7018
УОНИ-13/55ТЖ	Э50А	E515S14026H	-	E 7015
УОНИ-13/55Г	Э50А	E 514B26	-	E 7015
УОНИИ-13/55Р	Э50А	E 513B20H	-	E 7015
ЛЭЗ ЛБ	Э50А	-	E 423B12	E 7015
ЦУ-5	Э50А	E 513B20	E 335ZB22	E 7015
ЦУ-7	Э50А	E 515B20	E 352B22	E 7015
Э-138/50Н	Э50А	E 513B20H	E3821NB22	E 7015
ОЗС/ВНИИСТ-27	Э55	E 515B20H	-	E 8015
УОНИ-13/55У	Э55	E 513B26H	E 46ZB13	E 7028
МТГ-02	Э55	-	-	-
АНО-ТМ60	Э60	E 514B26H	-	E 7018
ВСФ-65	Э60	E 515B20H	E 462MoB22	E 9015
ОЗС-24М	Э60	E 515B20H	E5023NB22	E 9015
УОНИ-13/65	Э60	E 513B20H	E 42ZB22	E 9015
48ХН-2	Э60	E515B20H	-	E 8015-G
МТГ-01К	Э60	E515B11021H	-	E 7015
МТГ-03	Э60	-	-	-
АНО-ТМ70	Э70	-	-	E 10018
АНП-1	Э70	-	-	E 10015
АНП-2	Э70	-	-	E 10015
ВСФ-75	Э70	-	-	E 9015
48ХН-5	Э70	E515B110 20	E 6243NB22	E 9015-G
НИАТ-3М	Э85	-	-	-
УОНИ-13/85	Э85	-	E 69ZZB22	E 12015
УОНИ-13/85У	Э85	-	-	E 12016
АН-ХН7	Э100	-	-	-

Примерное соответствие отечественных электродов зарубежным

Для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей

Марка	Тип	ISO Международный	EN Европейский	AWS США
ВИ-10-6	Э100	-	E 69ZZB23	-
ОЗШ-1	Э100	-	-	-
НИИ-3М	Э125	-	-	-
НИАТ-3	Э150	-	-	-

Для сварки легированных теплоустойчивых сталей

ЦЛ-6	Э-09М	EMoA24	-	E 8019-A1
УОНИ-13/15М	Э-09М	EMoB20	-	E 7015-A1
ЦУ-2М	Э-09М	EMoB20	-	E 8015-A1
УОНИ-13/45МХ	Э-09МХ	E05CrMoB20	ECrMo0,5B22	E 8019-B2
ЦЛ-14	Э-09МХ	E05CrMoF24	-	E 7019-B1
ТМЛ-1У	Э-09МХ	E1CrMoB20	-	E 7015-B2
ОЗС-11	Э-09МХ	E05CrMoS23	-	E 7012-B1
ЦЛ-7	Э-09Х1М	E1CrMoA24	-	E 8019-A1
УОНИ-13/45 / 08ХМ	Э-09Х1М	E1CrMoB20	-	E 7015-B2
УОНИ-13/ХМ	Э-09Х1М	E1CrMoB20	-	E 7015-B2
48Н-10	Э-05Х2М	E1CrMoB20	-	E 7015-B3
ЦЛ-55	Э-09Х2М1	E2CrMoB20	-	E 7015-B3
ТМЛ-3	Э-09Х1МФ	E1CrMoVB20	-	E 8015-G
ТМЛ-3У	Э-09Х1МФ	E1CrMoVB20	-	E 8015-G
ЦЛ-39	Э-09Х1МФ	E1CrMoVB20	-	E 7015-G
ЦЛ-27А	Э-10Х1М1НФБ	-	-	E 7015-G
ЦЛ-27Б	Э-10Х1М1НФБ	-	-	E 7015-G
ЦЛ-36	Э-10Х1М1НФБ	-	-	E 8015-G
ЦЛ-26М	Э-10Х3М1БФ	E2CrMoVB20	-	E 7015-G
ЦЛ-40	Э-10Х3М1БФ	E2CrMoVB20	-	E 7015-G
ЦЛ-17	Э-10Х5МФ	E5CrMoVB20	-	E 8015-G

Для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами

УОНИ-13/НЖ / 12Х13	Э-12Х13	E13B20	E13B22	E 410-15
ЛМЗ-1 / 12Х13	Э-12Х13	E13B40	-	E 410-15
АНВ-1 / 12Х13	Э-12Х13	E13B20	-	E 410-15

ЦЛ-41 / 06Х14	Э-06Х13Н	E13.1RB20	-	-
УОНИ-13/НЖ/10Х17Т	Э-10Х17Т	E17B20	E17B22	E 430-15
ВИ-12-6 / 10Х17Т	Э-10Х17Т	E17B20	-	E 430-15
ЦЛ-10 / 10Х17Т	Э-10Х17Т	E17B20	-	E 410-15
КТИ-9А / 12Х11НМФ	Э-12Х11НМФ	E13.1B20	EZB22	E 410-15
КТИ-10 / 10Х11НВМФ	Э-12Х11НВМФ	E13.1WB20	EZB22	E 410-15
ЦЛ-32 / 10Х11НВМФ	Э-14Х11НВМФ	E13.1WB30	EZB22	-
УОНИ-13/ЭП56/09Х16Н4Б	Э-10Х16Н4Б	E17.4NbB20	EZB22	-

Для сварки коррозионностойких сталей

ОЗЛ-8 / 04Х19Н9	Э-07Х20Н9	E19.9.B20	E 19 9B22	E 308-15
ОЗЛ-8С / 04Х19Н9	Э-07Х20Н9	E19.9.B20	-	E 308-15
ОЗЛ-12 / 06Х19Г9Т	Э-07Х20Н9	E19.9.B20	-	E 308-15
ОЗЛ-14 / 04Х19Н9	Э-07Х20Н9	E19.9.S24	-	E 308-15
Л-39 / 04Х19Н9	Э-07Х20Н9	E19.9.B30	-	E 308-15
УОНИ-13/НЖ/04Х19Н9	Э-07Х20Н9	E19.9.B20	E 19 9B22	E 308-15
ЦТ-50 / 01Х19Н9	Э-07Х20Н9	E19.9.S36	-	E 308-12
ЗА-409/10У/04Х19Н11М3	Э-07Х19Н11М3Г2Ф	E19.12.3B20	EZB22	E 317-15
ЗА-409/10Т/04Х19Н11М3	Э-07Х19Н11М3Г2Ф	E19.12.3B20	EZB22	E 317-15
ЦТ-7-1 / 04Х19Н11М3	Э-07Х19Н11М3Г2Ф	E19.12.3B20	-	E308Mo-15
ЗА-606/11/08Х19Н9Ф2С2	Э-08Х19Н9Ф2С2	E19.9VB20	EZB42	-
ГЛ-2 / 08Х19Н9Ф2С2	Э-08Х19Н9Ф2С2	E19.9VB30	-	-
ЗА-606/10/05Х19Н9Ф3С2	Э-08Х19Н9Ф2Г2СМ	-	EZB42	-
ЗА-606/19/05Х19Н9Ф3С2	Э-08Х19Н10Г2МБ	E19.9NbB20	EZB42	E 347-15
ЦТ-15 / 07Х19Н10Б	Э-08Х19Н10Г2Б	E19.9NbB20	E19.9NbB22	E 347-15
ЗИО-3 / 07Х19Н10Б	Э-08Х19Н10Г2Б	E19.9NbB20	-	E 309 Nb-15
ОЗЛ-36 / 07Х19Н10Б	Э-04Х20Н9	E19.9LS20	-	E308L-15
ОЗЛ-14А / 01Х19Н9	Э-04Х20Н9	E19.9LR20	-	E308L-15
АНВ-32 / 01Х19Н9	Э-04Х20Н9	E19.9LB20	-	E308L-15
УОНИ-13/НЖ-2 / 01Х19Н9	Э-04Х20Н9	E19.9LB20	-	E308L-15
ОЗЛ-20/01Х17Н14М2	Э-02Х20Н14Г2М2	E19.12.3S30	-	E316L-15

Для сварки коррозионностойких и высокопрочных сталей

ЦТ-15-1/07Х19Н10Б	Э-08Х20Н9Г2Б	E19.9NbB20	E19.9NbB22	E 347-15
ЦТ-15Ж/04Х20Н10Г2Б	Э-08Х20Н9Г2Б	E19.9NbS20	-	E 347-12

Примерное соответствие отечественных электродов зарубежным

Для сварки коррозионностойких и высокопрочных сталей				
Марка	Тип	ISO Международный	EN Европейский	AWS США
ЦЛ-11/07X19H10Б	Э-08X20H9Г2Б	E19.9NbB20	-	E 347-15
ОЗЛ-7 / 01X19H9	Э-08X20H9Г2Б	E19.9NbB20	E19.9NbB22	E 347-15
ЗА-902/14/08X19H10M3Б	Э-09X19H10Г2М2Б	E19.122NbB20	E19.123NbB22	E 318-15
ЗА-400/13/04X19H11M3	Э-09X19H10Г2М2Б	E19.122NbB20	-	E 318-15
СП-28/06X20H11M3ТБ	Э-09X19H10Г2М2Б	E19.122NbB30	-	E 318-15
НЖ-13/08X19H10M3Б	Э-09X19H10Г2М2Б	E19.122NbB30	E19.123NbB22	E 318-15
АНБ-36/08X19H10M3Б	Э-09X19H10Г2М2Б	E19.122NbB30	E19.123NbB22	E 318-12
Н-48 / 06X24H6ТАФМ	Э-08X24H6ТАФМ	E25.4.B24	EZB12	-
Для сварки жаростойких сталей				
УОНИ-13/НЖ-2 / 07X25H13	Э-10X25H13Г2	E23.12.B20	-	E 309-15
ЗИО-8 / 07X25H13	Э-10X25H13Г2	E23.12.B20	-	E 309-15
ЦЛ-25 / 07X25H13	Э-10X25H13Г2	E23.12.B20	-	E 309-15
СП-25/07X25H12Г2Т	Э-10X25H13Г2	E23.12.B30	-	E 309-15
ОЗЛ-4 / 10X20H15	Э-10X25H13Г2	E23.12.B20	-	E 309-15
ОЗЛ-6 / 07X25H13	Э-10X25H13Г2	E23.12.B20	-	E 309-15
ОЗЛ-5 / 10X20H15	Э-12X24H14C2	E24.14SiB20	-	-
ЦТ-17 / 10X20H15	Э-12X24H14C2	E24.14SiB20	-	-
ОЗЛ-29/02X17H14C4	Э-10X17H13C4	E17.12SiB20	-	E17.12Si-15
ОЗЛ-3/15X18H12C4ТЮ	Э-10X17H13C4	E17.12SiB20	-	-
Для сварки жаропрочных сталей				
ЗА-3959/10X16H25AM6	Э-11X15H25M6AГ2	E16.25.6B20	EZB22	E 310-15
ИМАТ-5/10X16H25AM6	Э-11X15H25M6AГ2	E16.25.6B30	-	-
ЦТ-10/10X16H25AM6	Э-11X15H25M6AГ2	E16.25.6B20	EZB22	-
ЦТ-26 / 08X16H8M2	Э-08X16H8M2	E16.8.2.B20	-	E16-8-15
КТИ-5 / 04X19H11M3	Э-09X19H11Г3М2Ф	E19.12.2B20	EZB22	E 316-15
ЦТ-7 / 04X19H11M3	Э-09X19H11Г3М2Ф	E19.2.2B20	-	E 316-25
ЦТ-15-1 / 07X19H10Б	Э-08X20H9Г2Б	E19.9NbB20	-	E 347-15
КТИ-7/30X19H3B3Б3Т	Э-27X19H3B3Г2Б3Т	-	-	-
КТИ-7А/30X19H3B3Б3Т	Э-09X19H11Г3М2Ф	E16.25.6B20	EZB22	-
ЗА-981/15/09X16H25M6AФ	Э-27X19H3B3Г2Б3Т	-	-	-

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	1
КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ, НАПЛАВКИ И РЕЗКИ	2
ПОКРЫТЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ	
Назначение, размеры, классификация	3
Электродные покрытия	5
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ПОКРЫТЫХ ЭЛЕКТРОДОВ	8
ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОКРЫТЫМ ЭЛЕКТРОДАМ	14
ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ УГЛЕРОДИСТЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ	15
Электроды для сварки легированных сталей повышенной прочности	26
Электроды для сварки легированных сталей высокой прочности	28
ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ ЛЕГИРОВАННЫХ ТЕПЛОУСТОЙЧИВЫХ СТАЛЕЙ	29
ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ	33
Электроды для сварки высоколегированных хромистых сталей	34
Электроды для сварки коррозионностойких кислотостойких сталей	36
Электроды для сварки коррозионностойких высокопрочных сталей	40
Электроды для сварки жаростойких (окалиностойких) сталей	42
Электроды для сварки жаропрочных сталей	44
ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ РАЗНОРОДНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ	47
ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ НАПЛАВКИ	50
ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ ЧУГУНА	54
ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ	
Электроды для сварки алюминия	55
Электроды для сварки меди и ее сплавов	56
Электроды для сварки никеля и его сплавов	57
ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ РЕЗКИ МЕТАЛЛА	58
ПРИЛОЖЕНИЯ	
1-2. Расчет количества электродов для сварки различных соединений	59
3. Примерное соответствие отечественных электродов зарубежным	63