

СПРАВОЧНИК ЭЛЕКТРОДОВ

Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей

К группе электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей относятся электроды, предназначенные для сварки углеродистых сталей, содержащих до 0,25% углерода, и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 590 МПа.

Основными характеристиками электродов являются механические свойства металла шва и сварного соединения: временное сопротивление разрыву, относительное удлинение, ударная вязкость, угол изгиба. По этим показателям электроды, согласно ГОСТ 9467-75, классифицируются на следующие типы (в условном обозначении типа электрода две стоящие за буквой "Э" (электрод) цифры соответствуют минимальному временному сопротивлению разрыву металла шва или сварного соединения в кгс/мм²):

Э38, Э42, Э46 и Э50

для сварки сталей с временным сопротивлением до 490 МПа;

Э42А, Э46А и Э50А

для сварки тех же сталей, когда к металлу шва предъявляются повышенные требования по относительному удлинению и ударной вязкости;

Э55 и Э60

для сварки сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 490 МПа и до 590 МПа. Указанным стандартом регламентируется содержание серы и фосфора в наплавленном металле. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных сталей характеризуются также уровнем сварочно-технологических свойств, в т.ч. возможностью сварки во всех пространственных положениях, родом сварочного тока, производительностью процесса, склонностью к образованию пор, а в некоторых случаях - содержанием водорода в наплавленном металле и склонностью сварных соединений к образованию трещин. Перечисленные характеристики, которые необходимо учитывать при выборе конкретной марки электрода, в значительной степени определяются видом покрытия. Покрытие может быть:

- кислотным,
- рутиловым,
- основным,
- целлюлозным,
- смешанным.

Электроды с кислотным покрытием.

Основу этого вида покрытия составляют оксиды железа, марганца и кремния. Металл шва, выполненный электродами с кислотным покрытием, имеет повышенную склонность к образованию горячих трещин. По механическим свойствам металла шва и сварного соединения электроды относятся к типам Э38 и Э42.

Электроды с кислотным покрытием не склонны к образованию пор при сварке металла, покрытого окалиной или ржавчиной, а также при удлинении дуги. Сварку можно выполнять постоянным и переменным током.

Электроды с рутиловым покрытием.

Основу покрытия таких электродов составляют рутиловый концентрат (природный диоксид титана). Металл шва, выполненный электродами с рутиловым покрытием, соответствует спокойной или полуспокойной стали. Стойкость металла шва против образования трещин у электродов с рутиловым покрытием выше, чем у электродов с кислым покрытием. По механическим свойствам металла шва и сварного соединения большинство марок рутиловых электродов относится к электродам типа Э42 и Э46.

Рутиловые электроды обладают целым рядом преимуществ по сравнению с другими видами электродов, а именно обеспечивают стабильное и мощное горение дуги при сварке переменным током, малые потери металла на разбрызгивание, легкую отделимость шлаковой корки, отличное формирование шва. Электроды мало чувствительны к образованию пор при изменении длины дуги, при сварке влажного и ржавого металла и по окисленной поверхности.

К электродам рассматриваемой группы также относятся электроды с ильменитовым покрытием, занимающими промежуточное положение между электродами с кислым и рутиловым покрытиями. В состав покрытия этих электродов в качестве основного компонента входят ильменитовый концентрат (природное соединение диоксидов титана и железа).

Электроды с основным покрытием.

Основу этого вида покрытия составляют карбонаты и фтористые соединения. Металл, наплавленный электродами с основным покрытием, по химическому составу соответствует спокойной стали. Благодаря низкому содержанию газов, неметаллических включений и вредных примесей металл шва, выполненный этими электродами, отличается высокими показателями пластичности и ударной вязкости при нормальной и пониженной температурах, а также обладает повышенной стойкостью против образования горячих трещин. По механическим свойствам металла шва и сварных соединений электроды с основным покрытием относятся к электродам типа Э42А, Э46А, Э50А, Э55 и Э60.

Вместе с тем по технологическим характеристикам электроды с основным покрытием уступают другим видам электродов. Они весьма чувствительны к образованию пор при наличии окалины, ржавчины и масла на кромках свариваемых деталей, а также при увлажнении покрытия и удлинении дуги. Сварка, как правило, производится постоянным током обратной полярности. Перед сваркой электроды в обязательном порядке необходимо прокалить при высоких температурах (250-4200С).

Электроды с целлюлозным покрытием.

Покрытие этого вида содержит большое количество (до 50%) органических составляющих, как правило, целлюлозы. Металл, наплавленный целлюлозными электродами, по химическому составу соответствует полуспокойной или спокойной стали. В то же время он содержит повышенное количество водорода. По механическим свойствам металла шва и сварных соединений электроды с целлюлозным покрытием соответствуют электродам Э42, Э46 и Э50. Для целлюлозных электродов характерно образование равномерного обратного валика шва при односторонней сварке на весу, возможность сварки вертикальных швов способом сверху вниз.

Все описанные выше электроды, предназначенные для сварки углеродистых и низколегированных сталей, с любым видом покрытия должны отвечать требованиям ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 9467-75, а также требованиям технических условий на электроды. В технических условиях могут содержаться дополнительные требования, которые являются необходимыми для более эффективного ведения процесса и/или получения сварных соединений с особыми характеристиками и повышенной эксплуатационной надежностью.

Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей

Марка электрода	Тип по ГОСТ 9467-75	Диаметр, мм	Положение сварки	Род сварочного тока
ОЗС-41	Э38	3,0; 4,0;5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	переменный, постоянный
ОЗС-42	Э42	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	переменный, постоянный
ОЗС-12И/42	Э42	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	переменный, постоянный
ОМА-2	Э42	2,0; 2,5; 3,0	Все	переменный, постоянный
Огонек	Э42	2,0	Все	переменный, постоянный
ОЗС-23	Э42	2,0; 2,5;3,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	переменный, постоянный
УОНИ-13/45	Э42А	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный
ОЗС-3	Э46	3,0; 4,0; 5,0	Нижнее	переменный, постоянный
ОЗС-4	Э46	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	переменный, постоянный
ОЗС-4И	Э46	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	переменный, постоянный
ОЗС-6	Э46	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	переменный, постоянный

ОЗС-12	Э46	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Все	переменный, постоянный
ОЗС-12И	Э46	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	переменный, постоянный
ОЗС-21	Э46	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	переменный, постоянный
УОНИ- 13/55К	Э46А	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный
УОНИ-13/55	Э50А	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный
УОНИ- 13/55Т	Э50А	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	переменный, постоянный
УОНИ- 13/55Г	Э50А	3,0; 4,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный
ОЗС-28	Э50А	3,0; 4,0; 5,0	Все	переменный, постоянный
ОЗС-33	Э50А	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	переменный, постоянный
УОНИ-13/65	Э60	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный
ВИ-10-6/Св- 08А	Э60	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный

**Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей
специализированного направления.**

Марка электрода	Тип по ГОСТ 9467- 75	Диаметр, мм	Положение сварки	Род сварочного тока	Область применения
ОЗС-17Н	Э46	4,0; 5,0	Нижнее	переменный	Сварка наклонным электродом
ОЗС-30	Э46	4,0; 5,0	Все, кроме	переменный,	Сварка ванн горячего

			вертикального сверху вниз	постоянный	цинкования
ОЗС-32	Э46	3,0; 4,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	переменный, постоянный	Сварка оцинкованных сталей
ОЗС-18	Э50А	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	Сварка атмосферо- коррозионно-стойких сталей типа 10ХНДП
ОЗС-25	Э50А	2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	Сварка сталей с обеспечением хладостойкости металла шва до температуры минус 40 ⁰ С
ОЗС/ВНИИСТ- 27	Э55	3,0; 4,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	Сварка сталей с обеспечением хладостойкости металла шва до температуры минус 60 ⁰ С
ОЗС-29	Э50А	4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	Сварка сталей с обеспечением хладостойкости металла шва до температуры минус 60 ⁰ С
ОЗС-24М	Э60	3,0; 4,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	Сварка сталей с обеспечением хладостойкости металла шва до температуры минус 70 ⁰ С
УОНИ-13/55У	Э55	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	переменный, постоянный	Сварка стержней арматуры железобетонных конструкций и рельсов
ВСЦ-4М	Э42	4,0	Все	постоянный	Сварка стыков трубопроводов
ТМУ-21У	Э50А	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	Сварка стыков трубопроводов
ВСФ-65У	Э60	4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	Сварка стыков трубопроводов

Электроды для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности

В группу электродов для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности входят электроды, предназначенные для сварки легированных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 590 МПа.

Сварку конструкций из этих сталей производят по двум технологическим вариантам:

- с последующей после сварки термической обработкой сварных соединений,
- без последующей термической обработки.

При сварке **по первому варианту** применяют электроды, обеспечивающие получение равнопрочных сварных соединений. Главными характеристиками таких электродов являются механические свойства металла шва и сварных соединений, получаемые после соответствующей термической обработки: временное сопротивление разрыву, относительное удлинение, ударная вязкость.

По этим показателям ГОСТ 9467-75 стандартизировано пять типов электродов для сварки конструкционных сталей повышенной и высокой прочности: Э70, Э85, Э100, Э125 и Э150. Химический состав наплавленного металла указанным стандартом не регламентируется, за исключением серы и фосфора, содержание которых не должно превышать соответственно 0,030% и 0,035%. Вместе с тем при выборе конкретной марки электрода химический состав металла необходимо принимать во внимание, особенно при сварке конструкций, работающих в экстремальных условиях. Данные по химическому составу приводятся в нормативной документации и в более общем виде в условном обозначении электродов. Электроды для сварки конструкционных сталей повышенной и высокой прочности имеют покрытие основного вида.

При сварке конструкций из сталей этого класса (в термически упрочненном состоянии) **по второму варианту**, т.е. без последующей после сварки термической обработки, особенно, когда равнопрочность сварных соединений не является обязательным условием, используют электроды, обеспечивающие получение металла шва с аустенитной структурой. Получаемые сварные соединения отличаются высокой стойкостью против образования трещин, а металл шва - повышенными пластичностью и вязкостью. Сварка такими электродами производится с учетом особенностей, присущих электродам, предназначенным для сварки высоколегированных сталей. Электроды можно использовать также при сварке разнородных сталей.

Электроды для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности (с последующей термической обработкой)

Марка электрода	Тип по ГОСТ 9467-75	Диаметр, мм	Положение сварки	Род сварочного тока
УОНИ-13/85	Э85	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный
НИАТ-3М	Э85	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный
ОЗШ-1	Э100	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального	постоянный

			сверху вниз	
--	--	--	-------------	--

Электроды для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности, обеспечивающие получение металла шва с аустенитной структурой (без последующей термической обработки)

Марка электрода	Диаметр, мм	Положение сварки	Род сварочного тока	Механические свойства металла шва, не менее		
				s_B МПа	d_5 %	a_H Дж/см ²
НИАТ-5	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Нижнее, вертикальное снизу вверх, ограниченно потолочное	постоянный	590	30	100
ЭА-395/9	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	610	30	120
ЭА-981/15	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	680	26	100
ЭА-112/15	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	640	26	100

Электроды для сварки теплоустойчивых сталей

К группе электродов для сварки теплоустойчивых сталей относятся электроды, предназначенные для сварки низколегированных и легированных теплоустойчивых сталей (теплоустойчивыми называют стали, работающие при повышенных температурах - до 550-6000С).

Основными характеристиками электродов являются химический состав наплавленного металла и механические свойства металла шва при нормальной температуре. При выборе электродов учитывают также максимальную рабочую температуру, при которой регламентированы показатели длительной прочности металла шва.

Согласно **ГОСТ 9467-75** электроды для сварки теплоустойчивых сталей по показателям химического состава и механических свойств наплавленного металла и металла шва классифицированы **на девять типов**:

Э-09М,
Э-09МХ,
Э-09Х1М,

Э-05Х2М,
Э-09Х2М1,
Э-09Х1МФ,
Э-10Х1М1НФБ,
Э-10Х3М1БФ,
Э-10Х5МФ.

Электроды могут иметь рутиловое и основное покрытие.

Вместе с тем, при сварке теплоустойчивых сталей применяются электроды, не регламентированные ГОСТ 9467-75, основным назначением которых является сварка других классов стали (например, электроды марки АНЖР-1, предназначенные, главным образом, для сварки разнородных сталей).

Сварку теплоустойчивых сталей в большинстве случаев выполняют с предварительным подогревом и последующей термообработкой.

Марка электрода	Тип по ГОСТ 9467-75	Диаметр, мм	Положение сварки	Род сварочного тока	Максимальная рабочая температура, °С
ЦУ-5	Э50А	2,5	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	400
ЦЛ-17	Э-10Х5МФ	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	450
ОЗС-11	Э-09МХ	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	переменный, постоянный	510
ТМЛ-1У	Э-09Х1М	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	540
ТМЛ-3У	Э-09Х1МФ	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	570
ЦЛ-39	Э-09Х1МФ	2,5	Все, кроме вертикального сверху вниз	постоянный	585
АНЖР-2		3,0; 4,0; 5,0	Все	постоянный	550
АНЖР-1		3,0; 4,0; 5,0	Все	постоянный	600

Электроды для сварки высоколегированных сталей и сплавов

Согласно действующей классификации к высоколегированным сталям относят сплавы, содержание железа в которых более 45%, а суммарное содержание легирующих элементов не менее 10%, считая по верхнему пределу при концентрации одного из элементов не менее 8% по нижнему пределу. К сплавам на никелевой основе относят сплавы с содержанием не менее 55% никеля. Промежуточное положение занимают сплавы на железоникелевой основе.

В соответствии с **ГОСТ 10052-75** электроды для сварки высоколегированных коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов по химическому составу наплавленного металла и механическим свойствам металла шва и наплавленного металла **классифицированы на 49 типов** (например, электроды типа Э-07Х20Н9, Э-10Х20Н70Г2М2Б2В, Э-28Х24Н16Г6).

Наплавленный металл значительной части электродов, регламентируется техническими условиями предприятий - изготовителей.

Химический состав и структура наплавленного металла электродов для сварки высоколегированных сталей и сплавов отличаются - и иногда весьма существенно - от состава и структуры свариваемых материалов. Основными показателями, решающими вопрос выбора таких электродов, является обеспечение:

- основных эксплуатационных характеристик сварных соединений (механических свойств, коррозионной стойкости, жаростойкости, жаропрочности),
- стойкости металла шва против образования трещин,
- требуемого комплекса сварочно-технологических свойств.

Электроды для сварки высоколегированных сталей и сплавов имеют покрытия основного, рутилового и рутилово-основного видов. Из-за низкой теплопроводности и высокого электросопротивления скорость плавления, а следовательно и коэффициент наплавки электродов со стержнями из высоколегированных сталей и сплавов существенно выше, чем у электродов для сварки углеродистых, низколегированных и легированных сталей. Вместе с тем повышенное электросопротивление металла электродного стержня обуславливает необходимость применения при сварке пониженных значений тока и уменьшения длины самих стержней (электродов). В противном случае из-за чрезмерного нагрева стержня возможен перегрев покрытия и изменение характера его плавления, вплоть до отваливания отдельных кусков.

Сварка, как правило, производится постоянным током обратной полярности.

Электроды для сварки коррозионно-стойких сталей и сплавов

Электроды этой группы обеспечивают получение сварных соединений, обладающих требуемой стойкостью против коррозии в атмосферной, кислотной, щелочной и других агрессивных средах.

Некоторые марки электродов данной группы имеют более широкую область применения и их можно использовать не только для получения соединений с требуемыми коррозионной стойкостью, но и в качестве электродов, обеспечивающих высокую жаростойкость и жаропрочность металла шва.

Марка электрода	Тип электрода по ГОСТ 10052-75	Диаметр, мм	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая
-----------------	--------------------------------	-------------	---------------------	----------------------------------

	или тип наплавленного металла			области применения
УОНИ-13/НЖ 12Х13	Э-12Х13	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Сварка хромистых сталей типа 08Х13 и 12Х13	Наплавка уплотнительных поверхностей стальной арматуры
ОЗЛ-22	Э-02Х21Н10Г2	3,0; 4,0	Сварка оборудования из сталей типа 04Х18Н10, 03Х18Н12, 03Х18Н11, работающего в окислительных средах, подобных азотной кислоте	
ОЗЛ-8	Э-07Х20Н9	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Сварка сталей типа 08Х18Н10, 12Х18Н9 и 08Х18Н10Т, когда к металлу шва не предъявляют жесткие требования стойкости к МКК	
ОЗЛ-8С	08Х20Н9КМВ	2,5; 3,0; 4,0	Сварка сталей типа 08Х18Н10, 12Х18Н9 и 08Х18Н10Т, когда к металлу шва не предъявляют жесткие требования стойкости к МКК	Сварка с повышенной производительностью
ОЗЛ-14	Э-07Х20Н9	3,0; 4,0	Сварка сталей типа 08Х18Н10, 12Х18Н9 и 08Х18Н10Т, когда к металлу шва не предъявляют жесткие требования стойкости к МКК	Возможна сварка переменным током
ОЗЛ-14А	Э-04Х20Н9	3,0; 4,0; 5,0	Сварка сталей типа 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 06Х18Н11 и	

			08X18H12T, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к МКК	
ОЗЛ-36	Э-04X20H9	3,0; 4,0; 5,0	Сварка сталей типа 08X18H10, 06X18H11, 08X18H12T и 08X18H10T, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к МКК	
ЦЛ-11	Э-08X20H9Г2Б	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Сварка сталей типа 12X18H10T, 12X18H9T, 08X18H12T и 08X18H12Б, когда к металлу шва предъявляют жесткие требования стойкости к МКК	Сварка оборудования из сталей типа 12X18H10T, 12X18H9T, 08X18H12T и 08X18H12Б для пищевой промышленности
ЦЛ-11С/Ч	Э-08X20H9Г2Б	2,5; 3,0; 4,0	Сварка сталей типа 08X18H10, 08X18H12Б и 08X18H10T, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к МКК	Сварка с повышенной производительностью
ОЗЛ-7	Э-08X20H9Г2Б	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Сварка сталей типа 08X18H10, 08X18H12Б и 08X18H10T, когда к металлу шва предъявляют жесткие требования стойкости к МКК	Сварка оборудования из сталей типа 08X18H10, 08X18H12Б и 08X18H10T для пищевой промышленности
ЦТ-15	Э-08X19H10Г2Б	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	См. группу электродов для сварки жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов	Сварка сталей типа 12X18H9T, 12X18H12T, X20H12T-Л и X16H13Б, когда к металлу шва предъявляют жесткие требования стойкости

				к МКК
ЦЛ-9	Э-10Х25Н13Г2Б	3,0; 4,0; 5,0	Сварка двухслойных сталей со стороны легированного слоя из сталей типа 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т и 08Х13, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к МКК	
ОЗЛ-40	08Х22Н7Г2Б	3,0; 4,0	Сварка сталей марок 08Х22Н6Т и 12Х21Н5Т	
ОЗЛ-41	08Х22Н7Г2М2Б	3,0; 4,0	Сварка стали марки 08Х21Н6М2Т	Возможна сварка стали марки 03Х24Н6АМ3
ОЗЛ-20	Э-02Х20Н14Г2М2	3,0; 4,0	Сварка оборудования из сталей типа 03Х16Н15М3 и 03Х17Н14М2, работающего в средах высокой агрессивности	Возможна сварка оборудования из стали марки 08Х17Н15М3Т, работающего в средах высокой агрессивности
ЭА-400/10У ЭА-400/10Т	08Х18Н11М3Г2Ф	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Сварка оборудования из сталей типа 08Х18Н10Т и 10Х17Н13М2Т, работающего в агрессивных средах при температуре до 350 С, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к МКК	
НЖ-13	Э-09Х19Н10Г2М2Б	3,0; 4,0; 5,0	Сварка оборудования из сталей типа 10Х17Н13М3Т, 08Х21Н6М2Т и 10Х17Н13М2Т, работающего при температуре до 350	

			С, когда к металлу шва предъявляют требования к стойкости к МКК	
НЖ-13С	Э-09Х19Н10Г2М2Б	3,0; 4,0	Сварка оборудования из сталей типа 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т и 08Х21Н6М2Т, работающего при температуре до 350 ⁰ С, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к МКК	Сварка с высокой производительностью
НИАТ-1	Э-08Х17Н8М2	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Сварка сталей типа 08Х18Н10, 12Х18Н10Т и 10Х17Н13М2Т, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к МКК	
ОЗЛ-3	14Х17Н13С4Г	3,0; 4,0; 5,0	Сварка оборудования из стали 15Х18Н12С4ТЮ, работающего в средах повышенной агрессивности, когда к металлу шва не предъявляют требования стойкости к МКК	
ОЗЛ-24	02Х17Н14С5	3,0; 4,0	Сварка оборудования из сталей типа 02Х8Н20С6, работающего в условиях производства 98%-ной азотной кислоты	
ОЗЛ-17У	03Х23Н27М3Д3Г2Б	3,0; 4,0	Сварка оборудования из	

			сплавов марок 06ХН28МДТ и 03ХН28МДТ и стали марки 03Х21Н21М4ГБ преимущественно толщиной до 12 мм, работающего в средах серной и фосфорной кислот с примесями фтористых соединений	
ОЗЛ-37-2	03Х24Н26М3Д3Г2Б	3,0; 4,0	Сварка оборудования из сплавов марок 03Х23Н25М3Д3Б, 06ХН28МДТ и 03ХН28МДТ и стали марки 03Х21Н21М4ГБ преимущественно толщиной до 12 мм, работающего в средах серной и фосфорной кислот с примесями фтористых соединений	
ОЗЛ-21	Э-02Х20Н60М15В3	3,0	Сварка оборудования из сплавов типа ХН65МВ и ХН60МБ, работающего в высокоагрессивных средах, когда к металлу шва предъявляются требования стойкости к МКК	
ОЗЛ-25Б	Э-10Х20Н70Г2М2Б2В	3,0; 4,0	См. группу электродов для сварки жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов	Сварка коррозионно-стойких конструкций и оборудования из сплава марки ХН78Т

Электроды для сварки жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов

Электроды этой группы обеспечивают получение сварных соединений с требуемой жаростойкостью и/или жаропрочностью. Жаростойкими сварными соединениями являются соединения, обладающие высокой стойкостью против химического разрушения поверхности в газовых средах при температурах свыше 550-6000С. Жаропрочными сварными соединениями являются соединения, работающие при этих температурах в нагруженном состоянии в течение определенного времени (жаропрочные соединения должны обладать при этом достаточной жаростойкостью).

Некоторые марки электродов, предназначенные для сварки жаростойких и/или жаропрочных материалов, используются для сварки коррозионно-стойких и разнородных сталей и сплавов.

Марка электрода	Тип электрода по ГОСТ 10052 или тип наплавленного металла	Диаметр, мм	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
ОЗЛ-25Б	Э-10Х20Н70Г2М2Б2В	3,0; 4,0	Сварка жаростойкого и жаропрочного сплава марки ХН78Т	Сварка коррозионно-стойких конструкций и оборудования из сплава марки ХН78Т. Сварка разнородных сталей. Сварка чугуна.
ЦТ-15	Э-08Х19Н10Г2Б	2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Сварка жаропрочных конструкций и оборудования из сталей типа 12Х18Н9Т, 12Х18Н12Т, Х20Н12Т-Л и Х16Н13Б, работающих при температуре 570-650 ⁰ С.	Сварка сталей типа 12Х18Н9Т, 12Х18Н12Т, Х20Н12Т-Л и Х16Н13Б, когда к металлу шва предъявляют жесткие требования стойкости к МКК.
ОЗЛ-6	Э-10Х25Н13Г2	3,0; 4,0; 5,0	Сварка жаростойких сталей типа 20Х23Н13 и 20Х23Н18, работающих в окислительных средах при температуре до 1000 ⁰ С	Сварка сталей типа 15Х25Т и стали марки 25Х25Н20С2. Сварка разнородных сталей.

КТИ-7А	Э-27Х15Н35В3Г2Б2Т	3,0; 4,0	Сварка реакционных труб из жаростойких сталей марок 45Х25Н20С2, 45Х20Н35С и 25Х20Н35, работающих при температуре до 900 ⁰ С в печах конверсии метана	
ОЗЛ-9А	Э-28Х24Н16Г6	2,5; 3,0; 4,0	Сварка жаростойких сталей типа 12Х25Н16Г7АР, 45Х25Н20С2 и Х18Н35С2, работающих в окислительных средах при температуре до 1050 ⁰ С и в науглероживающих средах при температуре до 1000 ⁰ С	Сварка сталей марок 20Х23Н13 и 20Х23Н18.
ОЗЛ-38	30Х24Н23ГБ	3,0; 4,0	Сварка жаростойких хромоникелевых сталей, преимущественно марки 30Х24Н24Б, работающих при температуре до 950 ⁰ С	
ВИ-ИМ-1	06Х20Н60М14В	2,0; 2,5; 3,0; 4,0	Сварка жаропрочных сталей и сплавов типа ХН67МВТЮЛ, ХН64МТЮР, ХН78Т, ХН77ТЮР и ХН56МТЮ	Сварка разнородных сталей и сплавов.
ЦТ-28	Э-08Х14Н65М15В4Г2	3,0; 4,0	Сварка жаростойких и жаропрочных сплавов на никелевой основе типа ХН78Т и	Сварка перлитных и хромистых сталей со сплавами на никелевой основе.

			ХН70ВМЮТ	
ИМЕТ-10	Э-04Х10Н60М24	2,5; 3,0	Сварка жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов на никелевой основе типа 37Х12Н8Г8МФБ, ХН67ВМТЮ, ХН75МБТЮ, ХН78Т и ХН77ТЮ	Сварка разнородных сталей и сплавов.
ОЗЛ-2	11Х21Н14М2Г2	3,0; 4,0; 5,0	Сварка жаростойких сталей типа 20Х23Н13, работающих при температуре до 900 ⁰ С в газовых средах, содержащих сернистые соединения	
ОЗЛ-39	06Х17Н14Г3С3Ф	3,0; 4,0	Сварка жаростойких сталей типа 20Х20Н14С2, 20Х23Н18, 20Х25Н20С2 и 45Х25Н20С2, работающих в науглероживающих средах при температуре до 1050 ⁰ С	
ОЗЛ-46	06Х11Н2М2ГФ	3,0; 4,0	Сварка жаропрочных сталей мартенситного типа 1Х12Н2ВМФ и Х12НМБФ-Ш	
ОЗЛ/ЦТ-31М	18Х18Н34В3Б2Г	3,0; 4,0	Сварка жаростойких сталей марок 20Х25Н20С2, 45Х25Н20С2 и Х18Н35С2, работающих в науглероживающих средах с температурой до 1050 ⁰ С, в том числе при повышенных статических нагрузках на швы	
ГС-1	09Х23Н9Г6С2	3,0; 4,0	Сварка тонколистовых	Сварка корневого и облицовочного

			жаростойких сталей типа 20Х20Н14С2, 20Х25Н20С2 и 45Х25Н20С2, работающих в науглероживающих средах при температуре до 1000 ⁰ С	слоев шва, обращенных в сторону рабочей науглероживающей среды, в конструкциях из сталей типа 20Х20Н14С2, 20Х25Н20С2 и 45Х25Н20С2 больших толщин
ОЗЛ-5	Э-12Х24Н14С2	3,0; 4,0; 5,0	Сварка жаростойких сталей типа 20Х25Н20С2 и 20Х20Н14С2, работающих в окислительных средах при температуре до 1050 ⁰ С	Заварка дефектов литья из сталей типа 20Х25Н20С2 и 20Х20Н14С2.
ОЗЛ-25	Э-10Х20Н70Г2М2В	3,0	Сварка тонколистовых (толщиной до 6 мм) конструкций и нагревательных элементов из жаростойких сплавов типа ХН78Т	Наплавка облицовочных слоев швов при сварке конструкций из сплавов типа ХН78Т большой толщины.
ОЗЛ-35	10Х27Н70Г2М	3,0; 4,0	Сварка жаростойких сплавов марок ХН70Ю и ХН45Юи других сплавов на никелевой основе, работающих при температуре до 1200 ⁰ С	Сварка облицовочных слоев швов, выполненных электродами других марок.
ОЗЛ-28	20Х27Н8Г2М	2,5; 3,0	См. группу электродов для сварки разнородных сталей и сплавов	Сварка корневых слоев швов жестких конструкций из жаростойкой стали марки 45Х25Н20С2.

Электроды для сварки разнородных сталей и сплавов

К группе электродов для сварки разнородных сталей и сплавов относятся электроды, обеспечивающие получение требуемых эксплуатационных характеристик сварных соединений при сварке разнородных сталей и сплавов на железоникелевой и никелевой основах.

Разнородными сталями и сплавами являются материалы, резко отличающиеся системой легирования, физико-механическими свойствами и свариваемостью. По признаку "разнородности" стали условно можно разделить на следующие **4 группы**:

- углеродистые и низколегированные,
- легированные повышенной и высокой прочности,
- теплоустойчивые,
- высоколегированные.

Сварка разнородных сталей и сплавов может существенно отличаться от сварки однородных материалов. Это обусловлено возрастающей вероятностью:

появления трещин в металле шва,
возникновением в зоне сплавления участков со структурной неоднородностью, приводящей к изменению прочностных и пластических характеристик, чрезмерным ростом остаточных напряжений в сварных соединениях из-за значительной разницы в коэффициентах линейного расширения свариваемых материалов.

Большинство электродов, используемых при сварке разнородных сталей и сплавов, относится к электродам, предназначенным для сварки высоколегированных сталей и легированных сталей повышенной и высокой прочности, обеспечивающих получение металла шва с аустенитной структурой.

Марка электрода	Тип электрода по ГОСТ 10052-75 или тип наплавленного металла	Назначение (применительно к сварке разнородных сталей и сплавов)	Дополнительная область применения
АНЖР-1	08X24H60M10Г2	Сварка теплоустойчивых сталей с высоколегированными жаропрочными сталями	Сварка закаливаемых сталей без предварительного подогрева и последующей термообработки. Рабочая температура до 550-660 ⁰ С
АНЖР-2	08X24H60M10Г2	Сварка теплоустойчивых сталей с высоколегированными жаропрочными сталями	Сварка закаливаемых сталей без предварительного подогрева и последующей термообработки. Рабочая температура

			до 450-550 ⁰ С
ОЗЛ-27	20Х26Н10М3Г2	Сварка углеродистых сталей с легированными, в том числе неконструкционными трудносвариваемыми сталями	Сварка чугуна
ОЗЛ-28	20Х27Н8Г2М	Сварка углеродистых сталей с легированными, в том числе неконструкционными трудносвариваемыми сталями	Сварка чугуна
ОЗЛ-6	Э-10Х25Н13Г2	Сварка углеродистых и низколегированных сталей с высоколегированными аустенитными сталями	См. группу электродов для сварки жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов
ОЗЛ-6С	Э-10Х25Н13Г2	Сварка углеродистых и низколегированных сталей с высоколегированными аустенитными сталями	
НИАТ-5	Э-11Х15Н25М6АГ2	Сварка низколегированных и легированных сталей с высоколегированными аустенитными сталями	См. группу электродов для сварки легированных сталей повышенной и высокой прочности
ЭА-395/9	08Х16Н26М6АГ2	Сварка углеродистых и низколегированных сталей с высоколегированными аустенитными сталями	См. группу электродов для сварки легированных сталей повышенной и высокой прочности
ЭА-981/15	10Х15Н25М6Г2АФ	Сварка низколегированных и легированных сталей с высоколегированными аустенитными сталями	См. группу электродов для сварки легированных сталей повышенной и высокой прочности
ЭА-112/15	10Х15Н25М6Г2АФ	Сварка	См. группу

		низколегированных и легированных сталей с высоколегированными аустенитными сталями	электродов для сварки легированных сталей повышенной и высокой прочности
НИИ-48Г	Э-10Х20Н9Г6С	Сварка низколегированных, специальных и высокомарганцовистых сталей типа 110Г13Л с высоколегированными аустенитными сталями	См. группу электродов для сварки специализированных сталей
ОЗЛ-19	10Х23Н12Г	Сварка высокомарганцовистой стали марки 110Г13Л с легированными сталями типа 30ХГСА и углеродистыми сталями типа сталь 35	См. группу электродов для сварки специализированных сталей
ОЗЛ-25Б	Э-10Х20Н70Г2М2Б2В	Сварка разнородных сталей	См. группу электродов для сварки жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов
ВИ-ИМ-1	06Х20Н60М14В	Сварка разнородных сталей и сплавов	См. группу электродов для сварки жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов
ИМЕТ-10	Э-04Х10Н60М24	Сварка разнородных жаропрочных сталей и сплавов	См. группу электродов для сварки жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов
ОЗЛ-44	10Х20Н75М2Г2БТЮФ	Сварка разнородных сталей и сплавов	См. группу электродов для сварки специализированных сталей
ЦТ-28	Э-08Х14Н65М15В4Г2	Сварка перлитных и хромистых сталей со сплавами на никелевой основе	См. группу электродов для сварки жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов
ОЗЛ-32	10Н95Г2	Сварка углеродистых и высоколегированных	См. группу электродов для

		коррозионно-стойких сталей с никелем	сварки цветных металлов
В-56У	05Н70Д30	Сварка углеродистых сталей с монель-металлом	См. группу электродов для сварки цветных металлов

Некоторые наиболее распространенные типы и марки электродов, предназначенные для сварки различных сочетаний разнородных сталей и сплавов

У

Углеродистые и низколегированные стали

Л

Легированные стали повышенной и высокой прочности

Т

Теплоустойчивые стали

Ва

Высоколегированные аустенитные

Вж

Высоколегированные жаропрочные

Н

Сплавы на никелевой основе

Группа сталей и сплавов	У	Л	Т	Ва	Вж	Н
У		Э42А-Э100 ОЗЛ-27, ОЗЛ-28	Э42А- Э50А	ОЗЛ-6, (ОЗЛ-6С), НИАТ-5, ЭА-395/9, НИИ-48Г	ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Л	Э42А-Э100, ОЗЛ-27, ОЗЛ-28		Э50А- Э85	НИАТ-5, ЭА-395/9		ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Т	Э42А-Э50А	Э50А-Э85		ЭА-395/9	АНЖР-1, АНЖР-2	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Ва	ОЗЛ-6, (ОЗЛ-6С), НИАТ-5, ЭА-395/9, НИИ-48Г	НИАТ-5, ЭА-395/9	ЭА-395/9		ОЗЛ-25Б, ИМЕТ-10	ОЗЛ-25Б
Вж	ОЗЛ-25Б		АНЖР-1, АНЖР-2	ОЗЛ-25Б, ИМЕТ-10		ИМЕТ-10, ОЗЛ-25Б
Н	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б	ЦТ-28,	ЦТ-28,	ОЗЛ-25Б	ИМЕТ-	

		ОЗЛ-25Б	ОЗЛ-25Б		10, ОЗЛ-25Б	
--	--	---------	---------	--	-------------	--

Электроды для наплавки

В группу электродов для наплавки входят электроды, предназначенные для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (кроме электродов для наплавки слоев из цветных металлов). Электроды изготавливают и поставляют в соответствии с требованиями ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 10051-75. Для наплавочных работ в некоторых случаях также используют сварочные электроды, например, электроды, предназначенные для сварки высоколегированных коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных сталей.

Согласно ГОСТ 10051-75 электроды для наплавки поверхностных слоев по химическому составу наплавленного металла и твердости при нормальной температуре классифицированы на 44 типа (например, электроды типа Э-16Г2ХМ, Э-110Х14В13Ф2, Э-13Х16Н8М5С5Г46). Наплавленный металл многих электродов регламентируется техническими условиями предприятий-изготовителей.

В зависимости от принятой системы легирования и условий работы получаемого наплавленного металла электроды для наплавки могут быть условно разделены на следующие 6 групп:

1-я группа.

Электроды, обеспечивающие получение низкоуглеродистого низколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях трения металла о металл и ударных нагрузок (по назначению к этой группе относятся некоторые марки электродов 3-ей группы).

2-я группа.

Электроды, обеспечивающие получение среднеуглеродистого низколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях трения металла о металл и ударных нагрузок при нормальной и повышенной температурах (до 600-6500С).

3-я группа.

Электроды, обеспечивающие получение углеродистого, легированного (или высоколегированного) наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях абразивного изнашивания и ударных нагрузок

4-я группа.

Электроды, обеспечивающие получение углеродистого высоколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях больших давлений и высоких температур (до 650-8500С).

5-я группа.

Электроды, обеспечивающие получение высоколегированного аустенитного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях коррозионно-эрозионного изнашивания и трения металла о металл при повышенных температурах (до 570-6000С).

6-я группа.

Электроды, обеспечивающие получение дисперсноупрочняемого высоколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в тяжелых температурно-деформационных условиях (до 950-11000С).

Необходимо отметить, что производство наплавочных работ требует применения специальной технологии, которая - в зависимости от химического состава и состояния основного и наплавляемого металлов - может включать обязательное выполнение таких операций, как предварительный и сопутствующий подогрев, термическую обработку для получения заданных эксплуатационных свойств наплавляемой поверхности.

Марка электрода	Тип электрода по ГОСТ 10051-75 или тип наплавленного металла	Диаметр, мм	Положение наплавки	Основное назначение. Твердость наплавленного металла
1-я группа				
ОЗН-300М	11Г3С	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка быстроизнашиваемых деталей из углеродистых и низколегированных сталей (например, валы, оси, автосцепки, крестовины, другие детали автомобильного и железнодорожного транспорта). НВ 270-360
ОЗН-400М	15Г4С	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка быстроизнашиваемых деталей из углеродистых и низколегированных сталей (например, валы, оси, автосцепки, крестовины, другие детали авто-мобильного и железнодорожного транспорта). НВ 360-430

ОМГ-Н	Э-65Х11НЗ	4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Наплавка изношенных участков и заварка дефектов литья железнодорожных крестовин и других деталей из стали марки 110Г13Л. HRC, 27-35
ЦНИИН-4	Э-65Х25Г13НЗ	4,0	Нижнее	Наплавка изношенных участков и заварка дефектов литья железнодорожных крестовин и других деталей из стали типа 110Г13Л. HRC, 25-37
2-я группа				
ОЗШ-1	Э-16Г2ХМ	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального сверху вниз	Наплавка молотовых и высадочных штампов. HB 320-365
<u>УОНИ-13/НЖ</u> <u>20Х13</u>	Э-20Х13	3,0; 4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Наплавка штампов холодной и горячей (до 400 ⁰ С) обрезки, быстроизнашиваемых деталей машин и оборудования. HRC, 41,5-49,5
ОЗШ-3	Э-37Х9С2	2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Нижнее, вертикаль-ное	Наплавка обрезаемых и вырубных штампов холодной и горячей (до 650 ⁰ С) штамповки, быстроизнашиваемых деталей машин и оборудования. HRC, 53-59
ОЗШ-7	5Х10С3М	2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Нижнее, вертикаль-ное	Наплавка кузнечно-штамповой оснастки, работающей при температурах до 650 ⁰ С. HRC, i56
ОЗШ-2	10Х5М10В2Ф	2,5; 3,0; 4,0	Нижнее, наклонное	Наплавка штампов горячей штамповки.

				HRC, i 57
ЭН-60М	Э-70Х3СМТ	2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Нижнее, полувертикальное	Наплавка штампов всех типов, работающих при температуре до 400 ⁰ С, быстроизнашиваемых деталей машин и оборудования. HRC, 53-61
ОЗИ-3	Э-90Х4М4ВФ	3,0; 4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка штампов холодной и горячей (до 650 ⁰ С) штамповки, быстроизнашиваемых деталей горно-металлургического и станочного оборудования. HRC, 59-64
3-я группа				
ОЗН-6	90Х4Г2СЗР	4,0; 5,0	Нижнее, вертикаль-ное, ограниченно потолочное	Наплавка быстроизнашиваемых деталей горнодобывающих и строительных машин и металлургического оборудования. HRC, i58
ОЗН-7	75Х5Г4СЗРФ	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка быстроизнашивающихся деталей, преимущественно из стали 110Г13Л. HRC, i56
ОЗН-7М	75Х5Н2СФР	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка быстроизнашиваемых деталей, преимущественно из стали 110Г13Л. HRC, i56
ОЗН/ВСН-9	115Х17Н3Г2СРТ	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка деталей землеройных машин в условиях воздействия мерзлых грунтов.

				HRC, i 46
ВСН-6	Э-110Х14В13Ф2	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка быстроизнашиваемых деталей из углеродистых и высокомарганцовистых сталей. HRC, 51-56,5
ЭНУ-2	360Х15Г3Р	4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Наплавка быстроизнашиваемых стальных и чугуновых деталей (ударные нагрузки - умеренные). HRC, i58
Т-590	Э-320Х25С2ГР	4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Наплавка быстроизнашиваемых стальных и чугуновых деталей машин (ударные нагрузки - минимальные). HRC, 58-64
Т-620	Э-320Х23С2ГТР	4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Наплавка быстроизнашиваемых стальных и чугуновых деталей машин (ударные нагрузки - умеренные). HRC, 56-63
4-я группа				
ОЗИ-5	Э- 10К18В11М10Х3СФ	3,0; 4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка металлорежущего инструмента и штампов горячей (до 800-850 ⁰ С) штамповки. HRC, 63-67
ОЗИ-6	100Х4М8В2СФ	2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Наплавка при изготовлении металлорежущего инструмента, ремонте тяжелонагруженных штампов холодной и горячей (до 650 ⁰ С)

				штамповки. HRC, 59-64
5-я группа				
ЦН-6Л	Э-08Х17Н8С6Г	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка уплотнительных поверхностей деталей арматуры котлов, работающих при температурах до 570 ⁰ С и давлении до 78 МПа. HRC, 29,5-39
ЦН-12М-67	Э-13Х16Н8М5С5Г4Б	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка уплотнительных поверхностей деталей арматуры энергетических установок, работающих при температуре до 600 ⁰ С и высоких давлениях. HRC, 39,5-51,5
6-я группа				
ОЗШ-6	10Х33Н11М3СГ	2,5; 3,0; 4,0	Нижнее	Наплавка кузнечноштамповой оснастки холодного и горячего деформирования металлов, быстроизнашиваемых деталей металлургического, станочного и другого оборудования, работающего в тяжелых условиях термической усталости (до 950 ⁰ С) и больших давлений. HRC, 52-60
ОЗШ-8	11Х31М3ГСЮФ	3,0; 4,0		Наплавка кузнечноштамповой оснастки горячего деформирования металлов, работающих в сверхтяжелых условиях термической усталости

				(до 1100 ⁰ С) и больших давлений. HRC, 51-57
--	--	--	--	--

Электроды для сварки цветных металлов

К группе электродов для сварки цветных металлов относятся электроды, предназначенные для сварки алюминия, меди, никеля и их сплавов. Электроды для сварки цветных металлов не стандартизованы и их производят по отдельным техническим условиям. Исключение составляют высоконикелевые электроды, которые применяют для сварки сплавов на железоникелевой и никелевой основах и высоколегированных сталей, вследствие чего они входят в ГОСТ 10052-75.

Сварка цветных металлов может существенно отличаться от сварки стали, что обусловлено резким различием их физико-химических свойств. Главными факторами, определяющими свариваемость цветных металлов, являются температуры плавления и кипения, теплопроводность, сродство к содержащимся в воздухе газам (кислороду, азоту, парам воды).

Электроды для сварки алюминия и его сплавов

Алюминий и алюминиевые сплавы обладают малой плотностью, высокой тепло- и электропроводностью, повышенной коррозионной стойкостью.

Особенностью алюминия и его сплавов является легкая окисляемость. Это приводит к тому, что на их поверхности практически всегда присутствует плотная тугоплавкая пленка оксида алюминия. Эта пленка может образовываться и на поверхности сварочной ванны, что нарушает стабильность процесса сварки, препятствует формированию шва, приводит к появлению непроваров и неметаллических включений. Для получения качественных сварных соединений необходимо принимать специальные меры, направленные на удаление оксидной пленки. При ручной дуговой сварке это достигается путем введения в состав электродного покрытия хлористых и фтористых солей щелочных и щелочно-земельных металлов. В расплавленном состоянии эти материалы создают необходимые условия для удаления пленки и устойчивого горения дуги.

Электроды для сварки меди и ее сплавов

Медь обладает высокой тепло- и электропроводностью, повышенной жидкотекучестью расплавленного металла. Для нее характерна активность при взаимодействии с газами, особенно с кислородом и водородом, что может явиться причиной образования пор в металле шва и микротрещин. Для предотвращения появления таких дефектов в сварных соединениях надлежит применять только хорошо раскисленную медь. Сварку следует выполнять тщательно прокаленными электродами, свариваемые элементы в местах наложения швов должны быть хорошо зачищены до металлического блеска с удалением оксидов, загрязнений, жиров и пр.

При сварке латуней и бронз возникают дополнительные затруднения. Сварка латуни усложняется интенсивным испарением цинка, сварка бронз - высокой хрупкостью и малой прочностью в нагретом состоянии.

Электроды для сварки никеля и монель металла

Никель и особенно его сплавы являются прочными и вязкими материалами. Они, в зависимости от состава, обладают высокой коррозионной стойкостью, жаростойкостью и жаропрочностью.

Сварка никеля и его сплавов затруднена вследствие большой чувствительности к примесям и, в первую очередь, к растворенным газам (кислороду, водороду и особенно азоту) и высокой склонности к образованию горячих трещин. Для предупреждения возможного образования пор и трещин необходимо применять основной металл и сварочные электроды высокой чистоты, осуществлять их качественную подготовку к сварке.

В целом по технологии и технике ручной дуговой сварки никель и его сплавы близки к высоколегированным коррозионно-стойким сталям.

Электроды для сварки алюминия и его сплавов

Марка электрода	Диаметр, мм	Положение сварки	Основное назначение
ОЗА-1	4,0; 5,0	Нижнее, ограниченно вертикальное	Сварка и наплавка технически чистого алюминия
ОЗА-2	4,0; 5,0	Нижнее, ограниченно вертикальное	Заварка дефектов литья и наплавка изделий из алюминиево-кремнистых сплавов
ОЗАНА-1	3,0; 4,0; 5,0	Нижнее, вертикальное	Сварка и наплавка изделий из технически чистого алюминия
ОЗАНА-2	3,0; 4,0; 5,0	Нижнее, вертикальное	Заварка дефектов литья и наплавка изделий из алюминиево-кремнистых сплавов

Электроды для сварки меди и ее сплавов

Марка электрода	Диаметр, мм	Положение сварки	Основное назначение
Комсомолец-100	3,0; 4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Сварка и наплавка изделий из технически чистой меди
АНЦ/ОЗМ-2	4,0; 5,0	Нижнее,	Сварка и наплавка

		наклонное	изделий из технически чистой меди, содержащей не более 0,01% кислорода
АНЦ/ОЗМ-3	4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Сварка и наплавка изделий из технически чистой меди, содержащей не более 0,01% кислорода
АНЦ/ОЗМ-4	4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Сварка и наплавка изделий из технически чистой меди, содержащей не более 0,01% кислорода
ОЗБ-2М	3,0; 4,0	Нижнее, горизонтальное, вертикальное	Сварка и наплавка бронз, заварка дефектов бронзового и чугунного литья
ОЗБ-3	4,0; 5,0	Нижнее	Изготовление и восстановление электродов машин контактной сварки методом ручной дуговой наплавки

Электроды для сварки никеля и монель металла

Марка электрода	Диаметр, мм	Положение сварки	Основное назначение
ОЗЛ-32	3,0; 4,0	Нижнее, вертикальное	Сварка технически чистого никеля, наплавка коррозионно-стойких слоев на углеродистые и высоколегированные коррозионно-стойкие стали. Сварка никеля с углеродистыми и высоколегированными коррозионно-стойкими сталями
В-56У	3,0; 4,0	Нижнее, полувертикальное	Сварка монель-металла, наплавка коррозионно-стойкого слоя на углеродистую сталь. Сварка двухслойных сталей (Ст 3сп + монель) со стороны коррозионно-стойкого слоя. Сварка монель-металла с углеродистой сталью