

ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Электроды представляют собой металлические стержни, изготавливаемые из специальной стальной сварочной проволоки диаметром 1...12 мм и длиной от 200 до 450 мм, на поверхность которых наносят покрытия определенных составов и толщины. Подбором материалов электродного стержня и покрытия обеспечивается выполнение требований, предъявляемых к электродам для ручной дуговой сварки. Наибольшее распространение получили электроды диаметром от 3 до 6 мм.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЭЛЕКТРОДАМ

Основные требования, предъявляемые к электродам, следующие:

1. Электроды должны обеспечивать требуемые механические свойства наплавленного металла и сварного соединения, в соответствии с техническими условиями на свариваемое изделие.
2. Электроды должны иметь хорошие технологические и сварочные свойства, как то:
 - а) допускать возможность проведения сварки на постоянном и переменном токе и, в большинстве случаев, в любом пространственном положении;
 - б) обеспечивать легкое зажигание и стабильное горение дуги без ее обрывов и чрезмерного разбрызгивания металла и шлака;
 - в) иметь равномерное плавление покрытия и равномерное распределение шлака на поверхности шва с легким его удалением после сварки;
 - г) в наплавленном металле не должно быть пор, трещин и шлаковых включений;
 - д) составляющие покрытий не должны быть остродефицитными и дорогостоящими;
 - е) в процессе сварки не должно выделяться вредных для здоровья рабочих газов и паров;
 - ж) электродные покрытия должны обладать достаточной прочностью и влагостойкостью.

Стальную сварочную проволоку применяют для изготовления металлических электродов или в качестве присадочного материала для автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом, в среде защитных газов и газовой сварки.

По химическому составу устанавливают три группы марок сварочной проволоки:

- низкоуглеродистая – для сварки низко- и среднеуглеродистых сталей;
- легированная – для сварки низколегированных конструкционных и теплостойких сталей;
- высоколегированная – для сварки высоколегированных специальных сталей (нержавеющих, жаропрочных и др.).

ПОКРЫТИЯ ЭЛЕКТРОДОВ

В состав покрытий входят следующие компоненты (на рисунке показано их схематическое изображение):

с т а б и л и з и р у ю щ и е – снижают потенциал ионизации паров металлов в дуговом промежутке и обеспечивают устойчивое горение дуги (в них входят мел, мрамор, поташ, полевой шпат);

г а з о б р а з у ю щ и е – выделяют при нагревании защитные газы, которые создают вокруг дуги газовую оболочку, предохраняющую металл от воздействия атмосферного

кислорода и азота (в них входят органические вещества: крахмал, древесная или пищевая мука, целлюлоза, мрамор, магнезит);

шлакообразующие – при расплавлении образуют жидкий шлак на поверхности сварочной ванны. Шлак защищает расплавленный металл от воздействия воздуха, замедляет скорость охлаждения наплавленного металла, способствует выходу газов и неметаллических включений на поверхность шва, а также служит средой через которую осуществляется раскисление и легирование наплавленного металла (в них входят марганцевая руда, полевой и плавиковый шпаты, мрамор, ретил);

раскисляющие – предназначены для восстановления оксидов железа, находящихся в расплавленном металле. Из жидкого шлака раскислители переходят в расплавленный металл, восстанавливают оксиды железа и в виде нерастворимых оксидов самого раскислителя снова возвращаются в шлак (в них входят ферросплавы: ферромарганец, феррокремний и др., алюминий, графит);

легирующие – переходят из покрытия в металл шва, компенсируют выгорание кремния и марганца и легируют наплавленный металл для придания ему повышенных физико-механических свойств: прочности, износостойкости, коррозионной стойкости и др. (в них входят ферросплавы: ферромарганец, феррокремний, феррохром, ферротитан и др.);

формовочные – придают покрытию лучшие пластические свойства, улучшая формирование покрытия на стержне электрода, что особенно важно при нанесении покрытия (в них входят пластификаторы: бентонит, каолин, декстрин, слюда и др.);

связующие и цементирующие добавки – связывают порошкообразные составляющие покрытия в однородную достаточно вязкую обмазочную массу, связывают покрытие на электродном стержне, для того чтобы после высыхания и прокаливании покрытие имело необходимую твердость (эти добавки состоят из жидкого натриевого или калиевого стекла).

Рисунок 1. Компоненты, входящие в состав покрытия электрода.

Для повышения производительности сварки и улучшения технологических свойств электродов в покрытие иногда добавляют железный порошок (до 60% от массы покрытия).

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОДОВ

По назначению электроды для ручной дуговой сварки подразделяются на пять групп:

- для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей;
- для сварки легированных конструкционных сталей;
- для сварки легированных теплоустойчивых сталей;
- для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами;
- для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами.

ПОДБОР РЕЖИМА СВАРКИ

Режим сварки характеризуется диаметром электрода и величиной сварочного тока. Выбор диаметра электрода производится в зависимости от толщины свариваемого металла.

Таблица

Диаметры электродов и сварочный ток в зависимости от толщины свариваемых изделий

Толщина изделия, мм	1 - 2	3	4 - 5	6 - 10	11 - 12	13 - 15	16 - 20	20
Диаметр электрода, мм	1,6 - 2	2,5 – 3	4	5 – 6	6	6 – 8	8	8 – 10
Величина сварочного тока								

Выбор величины сварочного тока производится в зависимости от диаметра электрода, положения шва в пространстве и вида сварного соединения.

При сварке малыми токами получаются непровары, снижается производительность сварки, ухудшается устойчивость сварочной дуги.

Сварка на больших токах вызывает прижоги и подрезы кромок основного металла, нарушает форму сварных швов и приводит к перегреву электрода. При чрезмерном нагреве электрода резко увеличивается скорость его плавления, что приводит к образованию непроваров, увеличению разбрызгивания и угару электродного металла. Сильный перегрев приводит также к преждевременному сгоранию органических составляющих, входящих в состав покрытий электродов, что вызывает ухудшение качества сварки.

При сварке швов в вертикальном и потолочном положениях величина сварочного тока обычно подбирается на 10-20% ниже, чем при сварке швов в нижнем положении.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение электродов.
2. Назначение металлических стержней электродов.
3. Назначение компонентов покрытий электродов.
4. Группы сварочной проволоки.
5. Группы электродов по назначению.
6. Как выбирается величина сварочного тока?
7. Недостатки сварки малыми токами.
8. Недостатки сварки большими токами.

МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ

В маркировку электрода входит маркировка двух его составляющих – металлического стержня и покрытия.

1. В характеристику МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СТЕРЖНЯ электрода входят следующие составляющие.

1.1. Сварочная проволока (по ГОСТ 2246 – 70). Э – электродная проволока для электродов

1.2. Диаметр электрода, $D_{эл}$ (2...12 мм).

1.3. По назначению (по ГОСТ 9566 – 75) для стержней электродов предусмотрена сталь пяти групп.

1.3.1. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с σ_B до 600 МПа. Предусмотрено 9 типов – с Э38 до Э60. Обозначение **У**.

1.3.2. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с $\sigma_B > 600$ МПа. Предусмотрено 5 типов – с Э70 до Э150. Обозначение **Л**.

1.3.3. Электроды для сварки теплоустойчивых сталей. Обозначение **Т**.

1.3.4. Электроды для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами. Обозначение **В**.

1.3.5. Электродная проволока для наплавки. Обозначение **Н**

1.4. По способу получения.

1.4.1. Проволока получена электрошлаковым переплавом. Обозначение **Ш**.

1.4.2. Проволока получена вакуумно-дуговым переплавом. Обозначение **ВД**.

1.4.3. Проволока получена вакуумно-индукционным переплавом. Обозначение **ВИ**.

1.5. По содержанию вредных примесей (Р и S).

1.5.1. Высококачественная. Низкое содержание Р и S (до 0,03%). Обозначение **А**.

1.5.2. Особо высококачественная. Низкое содержание Р и S (до 0,02%). Обозначение **АА**.

1.6. Покрытие проволоки для защиты от коррозии, с омедненной поверхностью. Обозначение **О**.

1.7. Тип электрода, характеризующий механические свойства металла шва. Э 42 – сталь предназначена для изготовления электрода, обеспечивающего прочность сварного шва не менее 42 кгс / мм².

2. ПОКРЫТИЕ ЭЛЕКТРОДА характеризуется следующими составляющими.

2.1. По толщине покрытия ($D_{эл}/d$ ст. стерж) электроды различают: 2.1.1. С тонким покрытием ($D_{эл}/d$ ст. стержня $\leq 1,2$).

Обозначение **М**.

2.1.2. Со средним покрытием ($D_{эл}/d_{ст. стержня} \leq 1,45$).

Обозначение **С**.

2.1.3. С толстым покрытием ($D_{эл}/d_{ст. стержня} \leq 1,8$).

Обозначение **Д**.

2.1.4. С особо толстым покрытием ($D_{эл}/d_{ст. стержня} > 1,8$).

Обозначение **Г**.

2.2. По составу покрытия

2.2.1. Кислое покрытие (кремнезем, Fe и Mn руда и др.).

Обозначение **А**.

2.2.2. Основное покрытие (мел, магнезит, плавик. шпат и др.).

Обозначение **Б**.

2.2.3. Целлюлозное покрытие (целлюлоза, FeMn и др.).

Обозначение **Ц**.

2.2.4. Рутиловое покрытие (титановый концентрат, FeMn, магнезит и др.). Обозначение **Р**.

2.2.5. Смешанного типа. Имеют дробное обозначение, например, **АР, БР**

2.2.6. Прочие виды покрытий. Обозначение **П**.

2.2.7. В составе покрытия больше 20 % железного порошка.

Обозначение **Ж**.

3. Электрод.

3.1. Марка электрода. Под маркой понимают ее промышленное обозначение. Одному типу электрода может соответствовать несколько марок.

3.2. По качеству, т.е. по точности изготовления, состояния поверхностного покрытия, сплошности выполнения электродами металла шва, содержания P и S электроды делят на три группы: 1, 2 и 3. Чем выше номер, тем лучше качество.

4. По допустимым положениям в пространстве.

5.1. Для всех положений.

5.2. Для всех положений кроме вертикального сверху вниз.

5.3. Для нижнего, горизонтального и вертикального снизу вверх.

5. По роду тока и характеристики источника питания сварочной дуги электроды подразделяются на 10 групп с условным обозначением от 0 до 9.

0 и 7...9 – электроды, работающие на обратной полярности;

1...3 – электроды для любой полярности;

4...6 – электроды для прямой полярности.

Примеры маркировки электродов.

Сварочная проволока и ее расшифровка

4 Св – 08 АА – ВИ – О – Э

4 – диаметр электрода 4 мм, Св – сварочная проволока, 08 – 0,08% С, АА – особовысококачественная (Р и S до 0,02%), ВИ – проволока получена вакуумно-индукционным переплавом, О – проволока омедненная, Э – проволока предназначена для изготовления электродов.

Условное обозначение электрода и его расшифровка

Э46А – УОНИ 13/45 – 3,0 – УД 2

Е – 432 (5) – Б 10

Э – электрод, 46 – σ_B 46 кгс/мм², А – пониженное содержание Р и S (до 0,03%); УОНИ 13/45 – марка электрода: 13 – относительное удлинение, %; 45 – σ_B 450 МПа; 3,0 – диаметр электрода 3 мм; Е – σ_B до 600 МПа, 432 – σ_B 432 МПа, 5 – α_H 5 МДж/м² (ударная вязкость), У – электрод для сварки углеродистых сталей, Д – толстое покрытие, Б – состав покрытия основной, 1 – сварка во всех пространственных положениях, 0 – для сварки постоянным током обратной полярности.

1	<u>Э50А–УОНИ–13/55–5,0–УД1</u> Е – 431(3) – Б26	
2	<u>Э50А – ТМУ– 4,0 – УД1</u> Е – 430(3) – Б26	
3	<u>Э50А–ИТС – 4С – 4,0–УД1</u> Е – 431(3) – Б26	
4	<u>Э55А – ЦТ15 – 3,0 – ВД1</u> Е – 245(3) – Б20	
5	<u>Э55АА–НИАТ – 1–2,0 – ВС1</u> Е – 200(5) – БР20	
6	<u>Э56 – ОЗС – 4 – 5,0 – УД2</u> Е – 430(3) – Р25	
7	<u>Э42 – ОМА – 2,0 – 4,0 – УС1</u> Е – 420(8) – Б20	
8	<u>Э42–АНО – 1 – 3,0 – УС1</u> Е – 420(7) – А12	
9	<u>Э42–ВЦС – 4 – УД1</u> Е – 420(8) – Б23	
10	<u>Э46 – МР3–5 – УС2</u> Е – 450(8) – Р34	
11	<u>Э50–ВСН – 3 – 3 – УД3</u>	

12	<u>Э50-ТМУ – 21 – 5 – УС1</u>	
	Е – 500(7) – Ц24	
13	<u>Э50-К50А – 4 – УД2</u>	
	Е – 500(13) – Б26	
14	<u>Э60-ВСФ-65 – 2 – УД3</u>	
	Е – 500(13) – Б26	
15	<u>Э42А-СМ11 – 3 – УД3</u>	
	Е – 420(15) – Б16	

1

Сварочные проволоки

Марка электрода

1	Св – 08	7	Св – 12Г2С	<u>Э50А-УОНИ-13/55-5,0-УД1</u> Е – 431(3) – Б26
2	Св – 08 Г	8	Св – 12Г2Х	
3	Св – 08 ГС	9	Св – 18ХМ	
4	Св – 10 ГС	10	Св – 08Х3ГСМ	
5	Св – 10 Г2С	11	Св – 10Х5М	
6	Св – 10 ГСМ	12	4Св – 10Х13	

2

Сварочные проволоки

Марка электрода

1	Св-08А	7	Св-12-Г2С-У	<u>Э50-ТМУ-4,0-УД1</u> Е – 430(3) – Б26
2	Св-08ГАА	8	Св-12Г2Х-Л1	
3	Св-08ГС-О	9	Св-18ХМ-В	
4	Св-10ГС-Ш	10	Св-08Х13ГСМ-Т	
5	Св-10Г2С-ВД	11	2Св-10Х5М	
6	Св-10ГСМ-ВИ	12	4Св-10Х13	

3

Сварочные проволоки

Марка электрода

1	Св-08АА	7	Св-12Г2С-А	<u>Э50А-ИТС-4С-4,0-УД1</u> Е – 432(3) – Б26
2	Св-08Г-О	8	Св-12Г2Х-В	
3	Св-08ГС-Ш	9	3Св-18ХМ	
4	Св-10ГС-ВД	10	Св-08Х3ГСМ-ВИ	
5	Св-10Г2С-ВИУ	11	4Св-10Х5М	
6	Св-10ГСМ-Л1	12	Св-10Х13-А	

4

Сварочные проволоки

Марка электрода

1	Св-08-О	7	Св-12-Г2С-А	<u>Э55А-ЦТ15-3,0-ВД1</u>
2	Св-08Г-Ш	8	Св-12Г2Х-В	
3	Св-08ГС-ВД	9	Св-18ХМ-А	
4	Св-10ГС-ВИ	10	4Св-08Х3ГСМ	

5	СВ-10Г2С-У	11	СВ-10Х5М-А	Е – 245(3) – Б20
6	СВ-10ГСМ-Л	12	СВ-10Х13-АА	

5

Сварочные проволоки

Марка электрода

1	СВ-08-Ш	7	СВ-12Г2С-В	Э55АА-НИАТ-1-2,0-ВС1 Е – 200(5) – БР20
2	СВ-08Г-ВД	8	3СВ-12Г2Х	
3	СВ-08ГС-ВИ	9	4СВ-18ХМ	
4	СВ-10ГС-У	10	СВ-08Х3ГСМ-А	
5	СВ-10Г2С-Л	11	СВ-10Х5М-АА	
6	СВ-10ГСМ-А	12	СВ-10Х13-О	

6

Сварочные проволоки

Марка электрода

1	СВ-08-ВД	7	5СВ-12Г2С	Э46-ОЗС-4-5,0-УД2 Е – 430(3) – Р25
2	СВ-08Г-ВИ	8	4СВ-12Г2Х	
3	СВ-08ГС-У	9	СВ-18ХМ-А	
4	СВ-10ГС-Л	10	СВ-08Х3ГСМ-АА	
5	СВ-10Г2С-А	11	СВ-10Х5М-О	
6	СВ-10ГСМ-В	12	СВ-10Х13-Ш	

7

Сварочные проволоки

Марка электрода

1	СВ-08-ВИ	7	4СВ-12Г2С	Э42-ОМА-2-4,0-УС1 Е – 420(8) – Б20
2	СВ-08Г-У	8	СВ-12Г2Х-А	
3	СВ-08ГС-Л	9	СВ-18ХМ-АА	
4	СВ-10ГС-В	10	СВ-08Х3ГСМ-О	
5	2СВ-10Г2С	11	СВ-10Х5М-Ш	
6	СВ-10ГСМ-А	12	СВ-10Х13-ВД	

8

Сварочные проволоки

Марка электрода

1	СВ-08-У	7	СВ-12Г2С-А	Э42-АНО-1-3,0-УС1 Е – 420(7) – А12
2	СВ-08Г-Л	8	СВ-12Г2Х-АА	
3	СВ-08ГС-В	9	СВ-18ХМ-О	
4	СВ-10ГС-А	10	СВ-08Х3ГСМ-Ш	
5	4СВ-10Г2С	11	СВ-10Х5М-ВД	
6	СВ-10ГСМ-Т	12	СВ-10Х13-ВИ	

9**Сварочные проволоки****Марка электрода**

1	СВ-08-Л	7	СВ-12Г2С-О	<u>Э42-ВЦС-4-УД1</u> Е – 420(8) – Б23
2	СВ-08Г-В	8	СВ-12Г2Х-Ш	
3	СВ-08ГС-А	9	СВ-18ХМ-ВД	
4	4СВ-10ГС	10	СВ-08Х3ГСМ-ВИ	
5	СВ-10Г2С-А	11	СВ-10Х5М-У	
6	СВ-10ГСМ-АА	12	5СВ-10Х13	

10**Сварочные проволоки****Марка электрода**

1	СВ-08-У	7	СВ-12Г2С-ВД	<u>Э46 – МР3-5 – УС2</u> Е – 460(8) – Р34
2	4СВ-08Г	8	СВ-12Г2Х-ВИ	
3	СВ-08ГС-А	9	СВ-18ХМ-Л	
4	СВ-10ГС-АА	10	СВ-08Х3ГСМ-Т	
5	СВ-10Г2С-О	11	СВ-10Х5М-Л	
6	СВ-10ГСМ-Ш	12	СВ-10Х13-А	

11**Сварочные проволоки****Марка электрода**

1	4СВ-08	7	СВ-12Г2С-ВИ	<u>Э50-ВСН-3-3-УД3</u> Е – 500(7) – Ц24
2	СВ-08Г-А	8	СВ-12Г2Х-У	
3	СВ-08ГС-АА	9	СВ-18ХМ-Л	
4	СВ-10ГС-О	10	СВ-08Х3ГСМ-Т	
5	СВ-10Г2С-Ш	11	СВ-10Х5М-В	
6	СВ-10ГСМ-ВД	12	СВ-10Х13-А	

12**Сварочные проволоки****Марка электрода**

1	СВ-13Х25Т-А	7	СВ-10Г2-А	<u>Э50-ТМУ-21-5-УС1</u> Е – 500(13) – А15
2	СВ-10Х20Н10ГС-Т	8	СВ-08Г2С-О	
3	СВ-10Х20Н15-Ш	9	СВ-08ХМ-АА	
4	СВ-10Х12Н9Т-ВИ	10	СВ-08Г2СМ-А	
5	СВ-10Х18Н12М3-Т	11	СВ-08Г-О	
6	СВ-08Х19Н10ЮГ2-ВД	12	4СВ-10ГСМ	

13**Сварочные проволоки****Марка электрода**

1	СВ-13Х25Т-Л	7	СВ-10Г2-О	<u>Э50-К50А-4-УД2</u>
2	СВ-10Х20Н10ГС-Т	8	СВ-08Г2С-А	
3	СВ-10Х20Н15-ВД	9	СВ-08ХМ-АА	
4	СВ-10Х12Н9Т-Ш	10	4СВ-08Г2СМ-Л	

5	Св-10Х18Н12М3-Т	11	Св-08Г-А	Е – 500(13) – Б26
6	Св-08Х19Н10ЮГ2-ВД	12	Св-10ГСМ-ВИ	

14

Сварочные проволоки

Марка электрода

1	Св-13Х25Т-ВИ	7	Св-10Г2-У	Э60-ВСФ-65-2-УД3 Е – 600(10) – Ц47
2	Св-10Х20Н10ГС-ВД	8	2Св-08Г2-О	
3	Св-10Х20Н15-Ш	9	4Св-08ХМ	
4	Св-10Х12Н9Т-Т	10	Св-08Г2СМ-АА	
5	Св-10Х18Н12М3-ВД	11	Св-08Г-А	
6	Св-08Х19Н10ЮГ2-В	12	Св-10ГСМ-Л	

15

Электродная проволока для наплавки

Марка электрода

1	30ХГСА	6	Х20Н80Т	Э42А-СМ11-3-УД3 Е – 420(15) – Б16
2	1Х13	7	65Г	
3	2Х13	8	3Х13	
4	Х15Н60	9	08Х20Н10Г6	
5	Х20Н80	10	13Х25Т	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Китаев А.М., Китаев Я.А. Дуговая сварка. – М.: Машиностроение, 1983. – 272 с.
2. Технология конструкционных материалов /под ред. А.М. Дальского. - М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
3. Быков В.П., Поздеев А.С. Металлические плавящиеся электроды для ручной дуговой сварки углеродистых сталей: метод. указания к прохождению практики в сварочном отделении. – Архангельск: РИО АГТУ, 1995. – 25 с.
- Яковлев Б.Н., Орлов Б.Ф., Потехин В.Н. Сварка металлов и сплав: лабораторный практикум. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2006. – 156 с.